T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

SELENYUM UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ ÇEREZLİK BALKABAĞI (*Cucurbita pepo* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE ANTİOKSİDANT ENZİM AKTİVİTELERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Tuğba Hasibe GÖKKAYA
1. DANIŞMAN: Prof. Dr. Füsun GÜLSER
2. DANIŞMAN: Prof. Dr. Coşkun GÜLSER

VAN-2016

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

SELENYUM UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ ÇEREZLİK BALKABAĞI (*Cucurbita pepo* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE ANTİOKSİDANT ENZİM AKTİVİTELERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Tuğba Hasibe GÖKKAYA

Bu çalışma YYÜ ÖYP Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

VAN-2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında, Prof. Dr. Füsun GÜLSER danışmanlığında, Tuğba Hasibe GÖKKAYA tarafından sunulan "Selenyum Uygulamalarının Kuraklık Stresi Altındaki Çerezlik Balkabağı (*Cucurbita pepo* L.) Bitkisinin Gelişimine ve Antioksidant Enzim Aktivitelerine Etkileri" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 19/08/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Füsun GÜLSER İmza:

Üye: Prof. Dr. Sait GEZGİN İmza:

Üye: Prof. Dr. Mehmet Ali BOZKURT İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …./..../…... tarih ve ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

……..……..

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tuğba Hasibe GÖKKAYA

ÖZET

SELENYUM UYGULAMALARININ KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ ÇEREZLİK BALKABAĞI (*Cucurbita pepo* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİNE VE ANTİOKSİDANT ENZİM AKTİVİTELERİNE ETKİLERİ

GÖKKAYA, Tuğba Hasibe
Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
1. Danışman: Prof. Dr. Füsun GÜLSER
2. Danışman: Prof.Dr. Coşkun GÜLSER
Ağustos 2016, 113 sayfa

Bu çalışmanın amacı kuraklık stresi koşullarında kabak bitkisinin fide büyüme kriterleri ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine selenyumun etkilerinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada iklim odasında, kontrollü koşullar altında 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Yetiştirme ortamı olarak 2 kg toprak içeren plastik saksılar kullanılmıştır. Temel gübreleme amacıyla her bir saksıya 250 mg kg^{-1} N, 32.75 mg kg^{-1} P ve 82.65 mg kg^{-1} K uygulanmıştır. Bu çalışmada, çerezlik kabak iki farklı çeşidi kullanılmıştır. Yarayışlı suyun %30' u, %60' ı ve %100' ü oranlarında olmak üzere 3 farklı sulama yapılmıştır. Selenyumun 4 dozu (0 mg kg^{-1} Se, 1 mg kg^{-1} Se, 2 mg kg^{-1} Se ve 4 mg kg^{-1} Se), sodyum selenat (Na_2SeO_4) olarak tohum ekimi ile birlikte uygulanmıştır. Deneme 7 hafta sonra sonlandırılmıştır. Selenyum uygulamaları kuraklık stresi koşullarında kontrole kıyasla fide büyüme kriterlerini arttırmıştır. Kuraklık stresi koşullarında, ölçülen fide büyüme kriterleri ikinci çeşitte, birinci çeşitte elde edilenden daha yüksek bulunmuştur. Selenyum uygulamasının süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktiviteleri ve malondialdehit (MDA) düzeyleri üzerine pozitif etkisi genel olarak birinci çeşitte, ikinci çeşide kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Antioksidant enzim, Bitki gelişimi, Çerezlik balkabağı *(Cucurbita pepo L.),* Kuraklık stresi, Selenyum, Toprak.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF SELENIUM PLANT GROWTH AND ANTIOXIDATIVE ENZYME ACTIVITIES OF PUMPKIN (*Cucurbita pepo* L.) IN DROUGHT STRESS

GÖKKAYA, Tuğba Hasibe
M. Sc. Thesis, Soil Science and Plant Nutrition
1st Supervisor : Prof. Dr. Füsun GÜLSER
2nd Supervisor: Prof. Dr. Coşkun GÜLSER
August 2016, 113 pages

The objective of this study was to investigate the effects of selenium on seedling growth and antioxidative enzyme activities of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) in drought stress conditions. The study was carried out according to factorial experimental design with three replication in a chamber room under controlled conditions. The plastic pots having 2 kg soil were used as growing media with adding the basic fertilization of 250 mg kg^{-1} N, 32.75 mg kg^{-1} P and 82.65 mg kg^{-1} K into each pot. Two different variety of pumpkin were used in this study. The irrigation was made in three different levels of available water at 30 %, 60 % and 100 % rates. The four doses of selenium (0 mg kg^{-1} Se, 1 mg kg^{-1} Se, 2 mg kg^{-1} Se ve 4 mg kg^{-1} Se) solutions as natrium selenat (Na_2SeO_4) form were applied when seeds were sown. The experiment was ended after seven weeks. Selenium applications increased seedling growth criteria when compared to the control under drought stress conditions. The measured seedling growth criteria in second plant variety were found higher than that in first plant variety in drought stress conditions. The positive effect of selenium application on level of superoksit dismutas (SOD), catalas (CAT) and glutation peroxidas (GHS-Px) and malondialdehyde (MDA) were found generally higher than in first variety than second variety.

Key words: Antioxidative enzyme, Plant growth, Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.), Droght stress, Selenium, Soil.

ÖN SÖZ

Selenyum uygulamalarının kuraklık stresi altındaki çerezlik balkabağı (*Cucurbita pepo* L.) bitkisinin gelişimine ve antioksidant enzim aktivitelerine etkileri amacıyla yapmış olduğum bu çalışmada bana tez konusunun belirlenmesi, planlanması ve yürütülmesi esnasında her türlü katkı, destek ve gösterdiği yakın ilgilerinden dolayı danışman hocamlarım Sayın Prof. Dr. Füsun GÜLSER ve Sayın Prof. Dr. Coşkun GÜLSER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tez çalışmalarım için bana Y.Y.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Başkanlığına ve S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölüm Başkanlığına teşekkür ederim.

Çalışma materyalini sağlayan Prof. Dr. Önder TÜRKMEN'e, laboratuar çalışmalarımda benden desteklerini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Mehmet HAMURCU' ya ve Biyolog Zuhal Zeynep AVŞAROĞLU'na, çalışmam süresince ilgi, sabır ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Hülya GÖKKAYA ve babam Ömer GÖKKAYA' ya ve tüm aileme, tezimin her aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Gör. Burak ÖZDEMİR ve Arş. Gör. Mehmet Reşit KARAGEÇİLİ'ye teşekkür ederim.

VAN, 2016

Tuğba Hasibe GÖKKAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vii
ÇİZELGELER LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR xv
EKLER DİZİNİ xvii
1.GİRİŞ 1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ 7
2.1. Kuraklık 4
2.2. Serbest Radikaller 10
2.3. Antioksidanlar 14
2.4. Selenyum 19
2.5. Çerezlik Bal Kabağı 26
3. MATERYAL VE YÖNTEM 29
3.1. Materyal 29
3.1.1. Araştırma yerinin tanıtımı 29
3.1.2. Deneme materyali 29
3.1.2.1. Yetiştirme ortamının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri 29
3.1.2.2. Yetiştirilen bitkisel materyal 29
3.1.2.3. Deneme alanının hazırlanması 30
3.2. Yöntem 30
3.2.1. Deneme planı 31
3.2.2. Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler 32
3.2.3. Bitki örneklerindeki fiziksel ölçümler 32
3.2.3.1.Tohum çimlenme oranı ve çıkış hızı 32
3.2.3.2. Kuraklık hasarı skalası (0-5) ile değerlendirme 33
3.2.3.3. Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkların belirlenmesi (g/bitki) 33

Sayfa

3.2.3.4. Kök yaş ve kuru ağırlıkların belirlenmesi (g/bitki) 33
3.2.3.5. Bitki boyu ve çapının belirlenmesi (cm/bitki- mm/bitki).....33
3.2.3.6. Yaprak sayısı ve yaprak alanının belirlenmesi (adet/bitki- cm^2/bitki).....34
3.2.3.7. Kök uzunluğu ve kök hacminin belirlenmesi (cm/bitki – cm^3/ bitki).....34
3.2.4. Biyokimyasal parametrelerin ölçümü 34
3.2.4.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması.....34
3.2.4.2. Antioksidan enzim aktivite analizleri.....35
3.2.4.2.1. Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) enzim aktivitesinin belirlenmesi.....35
3.2.4.2.2. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzim aktivitesinin belirlenmesi.....36
3.2.4.2.3. Glutatyon peroksidaz (GPX; EC 1.11.1.7) enzimin aktivite tayini.....37
3.2.4.2.4. Lipit peroksidasyonun belirlenmesi.....37
3.3. İstatiksel Analizler.....38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....39
4.1. İncelenen Özelliklere Ait Bulgular.....39
4.1.1. Çimlenme parametreleri.....39
4.1.1.1. Çimlenme oranı.....39
4.1.1.2. Çimlenme hızı.....41
4.1.2. Bitki gelişim kriterleri.....45
4.1.2.1. Bitki boyu.....45
4.1.2.2. Yeşil aksam yaş ağırlığı.....48
4.1.2.3. Yeşil aksam kuru ağırlığı.....49
4.1.2.4. Yaprak sayısı.....51
4.1.2.5. Yaprak yüzey alanı.....53
4.1.2.6. Gövde çapı.....55
4.1.2.7. Kök boyu.....56
4.1.2.8. Kök yaş ağırlığı.....58

Sayfa

4.1.2.9. Kök kuru ağırlığı 59
4.1.2.10. Kök hacmi 61
4.1.3. Kuraklık hasarı skalası (0-5) 67
4.1.4. Biyokimyasal parametreler 69
4.1.4.1 SOD enzim aktivitesi.....69
4.1.4.2.CAT enzim aktivitesi.....71
4.1.4.3. GSH enzim aktivitesi.....72
4.1.4.4. Lipit peroksidasyonu (MDA) 74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 79
KAYNAKLAR.....83
EKLER 102
ÖZGEÇMİŞ.....114

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Yetiştirme ortamının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....29

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan uygulamaların isimlendirilmesi.....31

Çizelge 3.3. Deneme desenin tasarımı.....31

Çizelge 4.1. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranı üzerine etkisi 39

Çizelge 4.2. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızı üzerine etkisi.....42

Çizelge 4.3. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyu üzerine etkisi 45

Çizelge 4.4. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığı üzerine etkisi.....48

Çizelge 4.5. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığı üzerine etkisi.....50

Çizelge 4.6. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısı üzerine etkisi 52

Çizelge 4.7. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak yüzey alanı üzerine etkisi 53

Çizelge 4.8. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapı üzerine etkisi 55

Çizelge 4.9. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğu üzerine etkisi.....56

Çizelge 4.10. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığı üzerine etkisi.....58

Çizelge 4.11. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığı üzerine etkisi.....60

Çizelge 4.12. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmi üzerine etkisi.....62

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.13. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalası (0-5) üzerine etkisi.....67

Çizelge 4.14. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi üzerine etkileri.....69

Çizelge 4.15. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkileri 71

Çizelge 4.16. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi üzerine etkileri.....73

Çizelge 4.17. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin lipid peroksidasyonu üzerine etkileri 75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil. 2.1. Reaktif oksijen türleri 11

Şekil. 2.2. Reaktif oksijen türlerinin elektron alış-verişleriyle oluşumları 12

Şekil. 2.3. Reaktif oksijen radikal türlerinin hücre içindeki etkileri 14

Şekil 2.4. Bitkilerde reaktif oksijen türlerinin zararsız hale dönüşen hücresel ana metabolik yol 17

Şekil 2.5. Stres altındaki bitkilerde Se ilavesinden sonra ROS üretimi ve sınırlandırılmasından sorumlu mekanizmalara genel bakış 22

Şekil 3.1. Deneme deseninin genel görünümü 32

Şekil 3.2. Antioksidan enzimlerin ekstraksiyonu aşamaları 35

Şekil 3.3. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi 36

Şekil 3.4. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi 36

Şekil 3.5. Glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesinin belirlenmesi 37

Şekil 3.6. Lipit peroksidasyonun (MDA) belirlenmesi 38

Şekil 4.1. *Cucurbita pepo* L. çeşitlerinde çimlenme ve ilk fide döneminin görünümleri 40

Şekil 4.2. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranına etkileri 41

Şekil 4.3. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızına etkileri 43

Şekil 4.4. Farklı kuraklık düzeylerinde Se0 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri 46

Şekil 4.5. Farklı kuraklık düzeylerinde Se1 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri 46

Şekil 4.6. Farklı kuraklık düzeylerinde Se2 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri 47

Şekil 4.7. Farklı kuraklık düzeylerinde Se3 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri 47

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.8. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyuna etkileri 47

Şekil 4.9. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığına etkileri 49

Şekil 4.10. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığına etkileri 51

Şekil 4.11. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısına etkileri.....53

Şekil 4.12. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak yüzey alanına etkileri 54

Şekil 4.13. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapına etkileri 56

Şekil 4.14. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğuna etkileri.....57

Şekil 4.15. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığına etkileri.....59

Şekil 4.16. Farklı çerezlik kabak selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığın etkileri 61

Şekil 4.17. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmine etkileri.....63

Şekil 4.18. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalasına (0-5) etkileri.....68

Şekil 4.19. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkileri.....69

Şekil 4.20. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin katalaz (CAT) enzim aktivitesine etkisi 72

Şekil 4.21. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesine etkisi 74

Şekil 4.22. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin lipid peroksidasyonuna etkisi.....76

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simge	**Açıklama**
%	Yüzde
°C	Santigrad Derece
µM	Mikromolar
cm	Santimetre
g	Gram
ha	Hektar
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
mg	Miligram
mm	Milimetre

Kısaltma	**Açıklama**
$^{\cdot}NO$	Nitrik Oksit
$^{\cdot}O_2$	Singlet Oksijen
$^{\cdot}OH$	Hidroksil
ABA	Absisik Asit
APX	Askorbat Peroksidaz
BYS	Bitkiye Yarayışlı su
CAT	Katalaz
CO_2	Karbondioksit
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
GR	Glutatyon Redüktaz

Kısaltma	**Açıklama**
GSH-PX	Glutatyon Peroksidaz
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
MDA	Malondialdehit
NA	Nükleik Asit
$O_2^{\cdot -}$	Süperoksit
PEG	Poli Etilen Glikol
POD	Peroksidaz
RNA	Ribo Nükleik Asit
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
RWC	Yaprak Oransal Su İçeriği
Se	Selenyum
SeO_3^{-2}	Selenit
SeO_4^{-2}	Selenat
SOD	Süperoksit Dismutaz
U.V.	Ultra Viole Işınları
Ç1	Birinci çeşit
Ç2	İkinci Çeşit
K0	%100 BYS
K1	% 60 BYS
K2	%30 BYS
Se0	0 mg kg^{-1} Selenyum
Se1	1 mg kg^{-1} Selenyum
Se2	2 mg kg^{-1} Selenyum
Se3	4 mg kg^{-1} Selenyum

EKLER DİZİNİ

Ekler **Sayfa**

Ek-1. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranına ilişkin varyans analiz sonuçları 102

Ek-2. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızına ilişkin varyans analiz sonuçları 102

Ek-3. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları 102

Ek-4. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 103

Ek-5. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 103

Ek-6. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları 103

Ek-7. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak alanına ilişkin varyans analiz sonuçları 104

Ek-8. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapına ilişkin varyans analiz sonuçları 104

Ek-9. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalasına (0-5) ilişkin varyans analiz sonuçları 104

Ek-10. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları 105

Ek-11. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 105

Ek-12. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 105

Ekler **Sayfa**

Ek-13. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmine ilişkin varyans analiz sonuçları 106

Ek-14. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin SOD enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları.....106

Ek-15. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin CAT enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları.....106

Ek-16. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin GSH-Px enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları 107

Ek-17. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin MDA aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları 107

Ek-18. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranına ilişkin varyans analiz sonuçları 107

Ek-19. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızına ilişkin varyans analiz sonuçları.....108

Ek-20. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları 108

Ek-21. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları.....108

Ek-22. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları.....109

Ek-23. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları 109

Ek-24. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerininyaprak alanına ilişkin varyans analiz sonuçları 109

Ek-25. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapına ilişkin varyans analiz sonuçları.....110

Ek-26. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalasına (0-5) ilişkin varyans analiz sonuçları 110

Ekler **Sayfa**

Ek-27. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları 101

Ek-28. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 111

Ek-29. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları 111

Ek-30. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmine ilişkin varyans analiz sonuçları 111

Ek-31. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin SOD enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları.....112

Ek-32. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin CAT enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları.....112

Ek-33. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin GSH-Px enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları 112

Ek-34. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin MDA aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları 113

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünyada fazlaca tartışılmaya ve araştırılmaya başlanan küresel ısınma sorunu, bugün tüm ülkeleri tehdit etmektedir. Bu sorunda sıcaklık yükselmesi, buzulların erimesine; yeryüzünde daha çok güneş ışınlarının kalması da dünyada iklim sistemlerinin değişmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla gelecek dönemlerde ekosistemde bozulmalar meydana gelmesi beklenmektedir. Bu değişimler ülkemiz gibi kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkelerde de varlığını hissettirmeye başlamıştır (Ashraf, 1994; Ashraf ve Iram, 2005; Kutlu ve Kinaci, 2010).

Küresel ısınmanın iklim değişikliği etkileriyle birlikte çok hızlı artan dünya nüfusunun ve tarım amaçlı kullanılan alanların bu artışa yeterli cevap verememesi, gelecekte beslenme ve giyinme gereksiniminin sağlanması amacıyla birim alandan alınması gereken ürün miktarının artması isteğini doğurmuştur. Bu nedenle verim gücü yüksek ve dünya üzerinde oluşan bu değişimlere karşı dayanıklı kültür bitkilerin yetiştirilmesi gerekmektedir (Koç, 2004; Yağmur ve Kaydan, 2005; Sankar ve ark., 2008). Dünya üzerinde oluşan değişimler ve gereksinimler bitkilerde birçok stres faktörleri oluşmasına neden olmaktadır. Bitkilerin strese girmemeleri için çevre koşulları optimum olmalıdır.

Bitkilerde stres, önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmak suretiyle bitkilerde büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz şekilde etkilerken; üründe nitelik ve niceliğin yitmesine, bitkinin ve bitki organlarının yaşamını yitirmesine neden olmaktadır. Ayrıca bitkilerin stres koşullarında zarar görmeleri o bitkinin çevreye genetik adaptasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Bitkilerde oluşan stres faktörleri iki temel unsura ayrılmaktadır. Bunlar; abiyotik ve biyotik stres etmenleridir.

Abiyotik fiziksel etmenler; kuraklık, sıcaklık, radyasyon, su baskını, mekanik etkiler (rüzgar, kar ve buz örtüsü) iken; abiyotik kimyasal etmenler hava kirliliği, bitki besin elementleri, pestisitler, toksinler, tuzlar ve pH' dır. Biyotik etmenlerse; yabani bitkiler, böcekler, mikroorganizmalar (virüs, bakteri ve mantarlar), hayvanlar ve hastalıklardır (Linchlenthaler, 1996; Lawlor, 2002; Kacar ve ark., 2013).

Bitkilerde oksidatif stresi en çok tetikleyen abiyotik stres faktörü kuraklık stresidir. Ayrıca dünyada tarım amaçlı kullanılan alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında, kuraklık stresi % 26' lık oran ile en geniş dilimi almaktadır. Bu stresi % 20' lik oranla mineral stresi ve % 15' lik oranla soğukluk stresi izlemektedir (Blum, 1986).

Son yüzyılda dünyanın ortalama sıcaklığı 0.57 ºC artmış ve 2050 yılına kadar yaklaşık 2.5 ºC ek bir artış ile bu yüzyılın sonuna doğru dünyamızın yaklaşık 5.8 ºC daha ısınması beklenmektedir (Venkateswarlu ve Grover, 2009). Yarı kurak ve kurak bölgelerde her 1 ºC artış için % 10 ekstra su kullanımı gerektiğinden bitkilerin stres koşulları ile mücadelesi daha da zorlaşacaktır. Stresle mücadele kapsamında, daha önceki çalışmalardan da görülebileceği gibi verim ve kalitenin arttırılması planlanan bitkilerde yapılan biyokimyasal ve genetik çalışmalar her zaman başarıyı getirmemiş, bunun tersine stres faktörlerine karşı kültür bitkilerini savunmasız bırakmıştır (Dikilitaş ve Karakaş, 2012). Bu gibi bitkiler bir süre sonra ya stress faktörlerine tolerans durumlarını kaybetmişler ya da istenen düzeyde strese tolerans gösterememişlerdir.

Kuraklık, insan yaşamını ve sağlığını, sosyoekonomik ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak çeşitli düzeylerde etkileme gücüne sahip ciddi bir tehdittir. Uzun süreli kuraklık; tarım, orman ve hayvancılığı, yeraltı ve yerüstü kaynaklarını, yeterli ve nitelikli içme suyuna erişimi, enerji üretimini, özellikle dağ ve karasal sucul ekosistemleri yüksek oranlarda olumsuz etkiler. Bu sebeple, suyun kullanımı ve yönetimi ile ilgili etkinliklerden, yağışların yetersizliğinden ya da yağış şeklinin ve şiddetinin değişmesinden (örneğin kar yağışının azalması, hızlı kar erimesi ve kısa süreli sağanakların ya da şiddetli yağışların sıklığının artması vb.) etkilenme süresine göre kuraklık şiddetinin izlenmesi ve planlanması zorunlu hale gelmektedir. Kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanlarının belirsiz olması, toplam etkinin artması, aynı anda birden fazla kaynak üzerinde etkili ve ekonomik etkisinin yüksek ve doğasının karmaşık olması sebebiyle, kuraklığı belirlemek ve izlemek kolay değildir. Uzun süreli ve geniş alanlı meteorolojik kuraklık sonucunda, toprakta bitkinin kökleriyle kullanabileceği toprak neminin azalması ya da tükenmesi, tarım alanlarının sulanmasında önemli sorunların yaşanması, hidrolojik açıdan ise, barajlarda yeterli miktarda su toplanamaması, içme suyu kaynaklarının yetersiz kalması ve çevrenin,

toplumsal yaşamın ve sosyoekonomik sistemlerinin olumsuz yönde etkilenmesi gibi önemli sorunların ortaya çıkması, beklenen kaçınılmaz olumsuz sonuçlardır.

Dünya Meteoroloji Örgütü' ne göre, "bir yılın toplam yağışı, bir alanın (ülke, bölge, bölüm, yöre, havza vb.) yarısından fazlasında en az ardışık 2 yıl süresince uzun süreli ortalama (en az 30 yıllık) ya da normal yağış (genellikle 30 yıllık) tutarının % 60' ından düşük olduğu zaman bir alanın kuraklıktan etkileneceği" kabul edilir. Bu tanıma ve çeşitli kuraklık belirleme/izleme yöntemlerine dayalı çalışmaların sonuçlarına göre, Türkiye' de İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinin bazı bölümlerinde 2012 yılında başlayan, 2013' te çok daha geniş bir alanda etkili olarak devam eden ve 2013 yaz kuraklığı ile de birleşerek şiddetlenen bir kuraklık (meteorolojik olarak başlayan ve giderek çeşitli bölgelerde ve çeşitli sistemler açısından tarımsal ve hidrolojik kuraklıklara dönüşme eğiliminde olan) 2014 yılında da etkili olduğu belirlenmiştir (FAO, 2013).

Kuraklık stresi bitkilerde bir takım değişimlere sebep olmaktadır. Bu değişimler yaprakların kloroplastlarında kuraklık stresinde oluşan reaktif oksijen türlerinin üretilmesine yol açmaktadır (Peltzer ve ark., 2002). Bunlar; süperoksit ($O_2^{\cdot-}$), hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil ($^{\cdot}OH$) ve singlet oksijen ($^{\cdot}O_2$)' dir (Li ve Staden, 1998). Reaktif oksijen türleri bitkilerde proteinlerde, yağlarda ve DNA' da, oksidatif hasara neden olmakta ve hücrelerin normal fonksiyonlarını bozarak zarar vermektedir (Scandalious, 1993; Foyer ve Fletcher, 2001). Birçok hücre organeli reaktif oksijen türleri (ROT) üretmektedir ki bunlardan kloroplastlar önemli potansiyel bir kaynaktır. Çünkü uyarılmış pigmentlerdeki membranlar O_2' nin güçlü oksidanları süperoksit (O_2^-) ve singlet oksijen ($O_2^{\cdot}$)' den etkilenebilmektedirler (Niyogi, 1999; Reddy ve ark., 2004). Buna ek olarak birbirini takip eden reaksiyonlar diğer reaktif oksijen türlerini (ROT) hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil (OH^-)' yi üretmektedir (Apel ve Hirt, 2004). Reaktif oksijen türleri (ROT) kloroplastlar (Apel ve Hirt, 2004), mitokondri ve plazma mebranının (Sairem ve ark., 2005) elektron taşıma zincirlerinde sekonder ürünler olarak oluşmaktadır. Bitkilerin mitokondri elektron taşıma zinciri hücre içi reaktif oksijen türlerinin (ROT) oluşması için en önemli etken olarak kabul edilmektedir (Möller, 2001). Peroksizomlar fotosentezde Calvin döngüsünde hidrojen peroksidaz (H_2O_2) üretmektedir (Fazeli ve ark., 2007). Süperoksit radikali (O_2^-) ve bunun azaltma ürünleri hidrojen peroksitler (H_2O_2) potansiyel toksik bileşiklerdir ve Haber-Weiss

reaksiyonuyla çok toksik olan hidroksil (OH^-)' lere dönüşürler (Sairam ve ark., 1997). Reaktif oksijen türleri lipid peroksidasyonuna yol açarak membran hasarına, protein bozulmalarına ve enzim inaktivasyonuna neden olur ve fotorespirasyon sürecinde glikolat glioksilik aside okside edildiği zaman peroksizomlar hidrojen peroksit (H_2O_2) üretirler (Sairem ve ark., 2005). Oksidatif stres aynı zamanda protein oksidasyonuyla düşük enzim aktivitesine neden olmaktadır (Berleet ve Stadtman, 1997).

Reaktif oksijen türlerinin (ROT) bu etkilerini gideren antioksidantlar tüm bitkilerde bulunmaktadır. Antioksidanlar; enzimatik ve nonenzimatik olarak gruplandırılabilirler; süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px), birinci derece enzimatikler, glutatyon redüktaz (GR), peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz (APX) ikinci derece enzimatiklerdir. Nonenzimatik olanlar ise; mineral (Se, Zn), vitamin (A,C,K ve E), karotenoitler (β-karoten, likopen, lutein, zeaksantin), organosülfür bileşikler (allium, allil sülfit, indoller), düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar (ürik asit), antioksidan ko-faktörler (koenzim Q_{10}) ve pelifenollerdir (Pellegrini ve ark., 2009).

Selenyum canlı organizmalar için esansiyel bir iz elementtir (Tos`- Luty ve ark, 2003). Fakat hala yüksek bitkiler için önemi belirlenememiştir (Terry ve ark., 2000). Selenyum antioksidant özellikte bir elementtir (Stepleton, 2000; Brennesien ve ark., 2005). Selenyum antioksidan savunma, enzimlerinden biri olan glutatyon peroksidaz enzimlerinin yapısında bulunur. Glutatyon peroksidaz enzimi hidrojen peroksit ve yağ hidroperoksitler gibi potansiyel zarar verici reaktif oksijen türlerinin su ve alkol gibi zararsız ürünlere indirgenmelerini glutatyonun oksidasyonu ile sağlarlar (Brown ve Arthur, 2001).

Selenyum bitkiler için mutlak gerekli bir element olmamasına rağmen (Terry ve ark., 2000), çeşitli çalışmalar az miktarda selenyumun bitkilerde gelişmeyi teşvik edici etkisi olduğunu göstermektedir (Perkins ve King, 1938; Scharrer ve Schropp, 1950; Turakainen ve ark., 2004; Djanaguiraman ve ark., 2005; Cartes ve ark., 2005; Cartes ve ark., 2010). Ayrıca, selenyumca zenginleştirilmiş bir ortamda yetiştirilen bazı bitki türlerinin, kuraklık (Kuznetsov ve ark., 2003; Germ ve ark., 2007; Yao ve ark., 2009a), tuzluluk (Kong ve ark., 2005; Djanaguiraman ve ark., 2005; Hawrylak-Nowak, 2009) ve ağır metal (Srivastava ve ark., 2009; Cartes ve ark., 2010) streslerine karşı direnç geliştirdiği belirlenmiştir. Selenyum, bitkilerin antioksidan kapasitesini artırarak

büyüme ve stres toleransları üzerinde yararlı etki göstermektedir (Kong ve ark., 2005; Rios ve ark., 2009).

Bitki türlerinin kuraklık stresine karşı gösterdikleri tepkiler de çok farklı olabilmektedir. Bazı türler hatta çeşitler kuraklık stresine karşı oldukça duyarlı oldukları halde, bazıları kuraklık stresine karşı toleranslıdırlar. Örneğin patates (Gosselin ve ark., 1988; Karadoğan, 1990; Nagarajan ve Bansal, 1991), yerfıstığı (Allen ve ark., 1976; Ketring ve ark., 1978), soya (Smiciklas ve ark., 1992) gibi bitkiler kuraklık stresine duyarlı olup, bu türlerin stres şartlarında verim, verim unsurları ve kalite özellikleri önemli seviyede azalmaktadır. Bunun yanında adi ayrık gibi buğdaygiller kuraklık stresine karşı toleranslıdırlar (Tadmor ve ark., 1970). Germ ve ark. (2007b) yapmış oldukları çalışmada, stres koşullarında 1,5 mg kg^{-1} selenyum uygulamasının bitki gelişim kriterlerini olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Dünyada 1 788 773.00 hektar alanda 246 161 115.00 ton kabak üretilmektedir. Bu üretimin 16 153 768.00 ton ile %6.56' sını Asya kıtası karşılarken, bu ülkeyi sırasıyla, Avrupa 6 332 602.00 ton ile, Amerika 2 914 393.00 ton ile, Afrika 1 947 417.00 ton ve Okyanusya 277 935 ton ile takip etmektedir. Dünya bal kabağı üretiminde ilk 5 sırayı Çin 7 000 000 ton, Hindistan 4 900 000 ton, Rusya 1 080 845 ton, İran 965 000 ton ve Amerika 900 880 ton ile almaktadır. Türkiye ise 395 986 ton ile 12. sırada olup, dünya üretiminin % 0.16' sını karşılamaktadır (FAO, 2012).

Türkiyedeki toplam kabak üretimi 449 898.00 tondur. Üretim sıralaması Antalya 64 286.00 ton, Mersin 56 727.00 ton, Muğla 30 949.00 ton, Ankara 26 151.00 ton ve Bursa 23 665.00 ton olarak devam etmektedir. Çerezlik kabak üretiminde ise 15 669.00 ton ile Kayseri almaktadır. Bunu, Nevşehir 12 746.00 ton ile, Konya 3 804.00 ton ile, Aksaray 3 676.00 ton ile ve Eskişehir 1 961.00 ton ile illeri takip etmektedir (TUIK, 2015).

Ülkemizde *Cucurbitaceae* familyasına ait olan kabakgil türlerinin büyük bir bölümü yetiştirilmektedir. Bazı kabakgil türlerinin orijin merkezi veya sınırları içinde olan ülkemizin sahip olduğu zengin iklimsel çeşitlilik, kabakgil türlerinin çoğunun ülkemizde sorunsuz olarak yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Kabakgil familyası (*Cucurbitaceae)* dünyada yetiştiriciliği yaygın olan kavun, karpuz, hıyar ve kabak gibi sebzeleri içeren bir familyadır. Bu familyadaki sebzeler, ekolojik şartların uyumluluğuyla Türkiye' de de yaygın olarak yetiştirilmektedir (İnan,

2008). Kabak bitkisinin gen merkezi Amerika kıtasıdır. 10.000 yıl önce Meksika' daki yerliler tarafından yetiştirildiği arkeolojik tespitler sonucunda ortaya konmuştur (Bassett, 1986; Bisognin, 2002). Amerika' nın keşfinden sonra diğer ülkelere deniz yoluyla sağlanmış ve bitki çeşitlendirmesi yeni yetiştirildiği yerlere uyum sağlayarak farklı tür oluşmuş; ayrıca dünyada yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen bir sebze haline gelmiştir (Paris ve ark., 2006).

Cucurbitaceae familyasının, Cucurbita cinsinden, *Cucurbita pepo L.* türü sıcaklık iklimlerde yetişen ayrıca farklı iklim şartlarında yetişebilme özelliğine sahip tek yıllık bir bitkidir. Genel olarak meyvesi silindirik, etli, beyaz ve sert kabukludur (Anonim, 2016). Fakat meyve özellikleri göz önüne alındığında çok farklılıklar gözlenebilir. Kabak meyvesinin içerdiği kuru madde oranı % 6-10 ve su oranı % 90-94 arasındadır. Kuru maddenin büyük bir yüzdesi şekerler tarafından oluşur ve yüzdesi % 2-4 arasındadır. Kül oranı % 0,09 ve kül % 0,03 K, % 0,02 Ca, % 0,1 Mg ve % 0,01 P içermektedir. Meyvenin yağa oranı çok düşük olup % 0,4-1,0 civarlarındadır. Kabaklarda ayrıca fazla miktarda A, B ve C vitaminleri bulunur. 100 g kabak meyvesinde 1000-16000 I.Ü. A vitamini, 0,16-0,18 mg B_1 (Thiamin), 0,22 mg B_2 (Riboflavin), 2-5 mg Niacin, 28-75 mg C vitamini (Ascorbik asit) vardır (Günay, 2005).

Son dönemlerde selenyumun bitkiler için stres koşullarından koruyucu etkisi düşünülmekte ve bu konudaki çalışmalar artmaktadır. Tüm bu konular ele alındığında farklı selenyum dozlarının kuraklık stresi koşullarında çerezlik kabak bitkisinin gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkisinin araştırılması çalışmanın temel noktasıdır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. Kuraklık

Kuraklık; toprağın sahip olduğu suyun bitkilerin gelişiminde yetersiz kaldığı ve bitkilerin gelişmelerinde bir azalmaya neden olacak kadar uzun bir periyotta yağışın olmadığı dönemdir. Ayrıca agronomistlere göre kuraklık, topraktaki nem miktarının bitkinin solma noktasında bulunması olarak tanımlanmaktadır. Yağışsız dönemde oluşan kuraklık, toprağın su tutma kapasitesi ve evapotranspirasyon hızına bağlı olarak değişmektedir (Levitt, 1980; Kozlowski ve Pallardy, 1997; Güler ve Avcıoğlı,2004).

Doğanın en etkili doğal afetlerinden biri olan kuraklık, zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi ve yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların etkili dereceleri (yağış yoğunluğu ve sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgar ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler, birçok bölgede kuraklıkta etkilidir (Öztürk, 2002). Kuraklık genel olarak; ağır kuraklık (akut), sürekli kuraklık (kronik) ve fizyolojik kuraklık olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir (Eriş, 1990).

Ağır (akut) kuraklık; şiddetli güneşlenmeden ve rüzgardan kaynaklanır. Bununla sıcaklıkta artış, nemde hızlı bir düşüş ile bitkilerde akut su kayıplarına sebep olabilmektedir. Bu durumlarda genç ve yaşlı bitkiler ve tohumlar kurur, yaşlı bitkiler solar, sürgün uçları kurur ve verimleri azalır, büyüme yavaşlar ve durur. Solgunluk noktası aşılmadığı müddetçe, bitkiye su verildikçe solgunluk giderilebilir (Çırak ve Esendal, 2006).

Kronik kuraklık ise, toprakta taban suyu seviyesinin düşmesi sonucu oluşur. Bitkilerde öncelikle solgunluk daha sonra kuruma görülür. Bitkilerin metabolik işlevleri ve hücre yapılarının tamamen bozulmasıyla enzimle katalizlenen reaksiyonlar durur ve aşırı su kaybı görülür. Ayrıca bitkiler hastalık ve zararlılara karşı dayanıksız hale gelir (Eriş, 1990; Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu ve Emekçi, 2005).

Toprakta yeterli suyun bulunmasına rağmen değişik nedenlerden dolayı bitkinin bu sudan yararlanamaması durumunda oluşan kuraklığa ise fizyolojik kuraklık denir.

Toprağın su tutma kapasitesinin ve bitkinin emme kuvvetinin fazla olmasıyla bitki toprakta bulunan sudan yararlanamaz. Ayrıca topraktaki tuzluluğun fazla olması durumunda da bitkilerde fizyolojik kuraklık görülür (Çırak ve Esendal, 2006).

Kuraklık; bitkilerde mekanik, metabolik ve oksidatif etkilere neden olmaktadır. Bitki hücrelerinde su kaybı başladığı andan itibaren turgor basıncının düşmesiyle kuraklığın mekanik etkisi görülür (Levitt, 1980). Hücrelerde oluşan bu su kaybıyla membran yapılarında değişmeler başlar ve bitki özsuyunun konsanstrasyonu hücre duvarından ayrılarak, hücrede plazmolizi gerçekleşir. Ayrıca gerilim altındaki plazma membranı ve tonoplastta çökme ve yırtılmalar oluşabilmekte ve bu zarar, normal hücre metabolizmasını kalıcı olarak bozabilmektedir. Hücrede kalıcı olan bu hasarla birlikte büyüme yavaşlar ve turgor basıncı azalır (McKersie ve ark, 1996; Güler ve Avcıoğlu, 2004; Kalefetoğlu ve Emekçi, 2005).

Bitki hücrelerinde %90-95 oranında bulunması (Kacar ve ark., 2013), hücre içinde ya da hücreler arasında taşıyıcı rol oynaması, hücresel tepkimelerde ve olaylarda çözücü rol oynaması bitkilerde suyun önemini belirtmektedir. Bu özelliklerinden dolayı suyun hücreden yitmesi durumunda hücre normal fonksiyonlarına devam edememekte ve metabolik bozulmalar başlamaktadır. Su yitmesiyle oluşan iyon birikmesi, membran bütünlüğünün ve protein yapısının bozulmasına neden olarak hücrelerin zarar görmesine yol açmaktadır (Kalefetoğlu ve Emekçi, 2005). Su yitmesiyle, protein yapısında bulunan aminoasitlerin su ile etkileşimleri bozulur (Ervasti ve Campbell, 1991) ve bu durumda protein denatürasyonu gerçekleşir. Ayrıca, kuraklık stresinde DNA ve RNA' da degredasyon meydana gelir (Kessler, 1961).

Bitki veriminin kuraklık stresiyle sınırlanma derecesi, topraktaki mevcut su miktarına, toplam evaporasyona ve bitkinin su kullanım etkinliğine bağlıdır. Bitkilerin verim bakımından strese duyarlılığı elde edilecek ürüne, büyüme formuna ve bitki türüne göre değişebilmektedir. Kuraklık stresi koşullarında yaprak gelişmesi, fotosentez ve asimilatların taşınımına oranla daha fazla etkilenmektedir. Bu nedenle mer'a bitkileri, silaj bitkileri, tütün ve sebze bitkileri gibi yapraklarından faydalanılan bitkiler generatif organlarından yararlanılan bitkilere oranla su noksanlığına karşı daha duyarlıdırlar (Begg ve Turner, 1976).

Kurak koşullarda bitkilerde birçok morfolojik değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler yapraklarda transprasyonla kaybedilen su miktarını azaltma; köklerde ise

topraktaki suyu güçlü bir kuvvetle absorbe etme eğilimindedir. Kurak koşullarda fotosentez hızı düşer ve filiz gelişimi geriler. Fotosentez ürünleri kök bölgesine taşınır ve kök gelişimi artar, böylece kökün gövdeye oranı da artar (Öztürk ve Seçmen, 1992). Bilindiği üzere yüzey genişliği arttıkça buharlaşma ile birlikte artacak bitkideki su kaybı da artmış olacaktır. Bu nedenle bitkiler su kaybını azaltmak için yüzey alanları küçültme ya da yaprak dökerek toplam alanı azaltma yöntemini izlerler. Kısa süre yaşanan kuraklık dönemlerinde bile bitkiler yaprak büyümesini yavaşlatırlar. Kuraklık stresine karşı bitkiler yüzeylerini tüylerle kaplayarak tepki göstermektedir. Bu tüyler sıcaklığı 1-2 °C düşürerek, tansiyon hızını yavaşlatırlar. Ayrıca bitkiler mumsu bir tabaka üreterek aynı etkiyi yapmaya çalışırlar (Göksoy ve Turan, 1991).

Kuraklık stresinde sadece su kaybı değil aynı zamanda protein kaybı da meydana gelir. Protein yapısındaki bozukluk, öncelikle nükleik asit (NA) metabolizmasındaki bozukluğa bağlıdır. Kuraklık stresiyle artan RNase enzim aktivitesi nükleik asit (NA) parçalanmasına neden olduğu gibi ribozomları tutan mesaj ileten RNA' yı da tahrip ederek poliribozom içeriğini azaltır. Ayrıca kuraklık stresi altında pek çok bitki de nükleik asit (NA) sentezinin azaldığı belirlenmiştir. Nükleik asit metabolizmasındaki bu gibi bozukluklar sonucu protein sentezi azalmaktadır (Çırak ve Esendal, 2006).

Kuraklık stresi altında hormonal dengelerde bazı değişimler meydana gelir. Absisik asit (ABA), stomaların kapanmasını sağlayan bir hormondur. Ayrıca protein, RNA ve DNA' nın çeşitli aşamalarda sentezlenmesini önler. Etilen ise olgunlaşma üzerine etkili bir hormondur. Bu hormonlar gelişmeyi önledikleri gibi, yaprakların yaşlanmasına da sebep olurlar. Kuraklık stresi koşullarında bu iki hormonun seviyesi yükselir ve bitkide yaşlanma başlar.

Kurak şartlarda bitkide fotosentez büyük oranda azalmaktadır. Fotosentez yapabilme yeteneği o bitkideki toplam yaprak alanı ve her yaprağın fotosentez aktivitesi ile belirlenmektedir. Kuraklık stresi ile toplam yaprak alanı azalmakta ve dolayısıyla fotosentezin duraklaması iki şekilde olmaktadır. Bunlar fotosentezin stomalar tarafından kontrolü ve stomalar dışındaki faktörlerle kontrolüdür.

Kuraklık stresi altında fotosentezdeki ilk azalma stomaların kapanması ve karbondioksit (CO_2) absorbsiyonunun azalmasıyla ortaya çıkar. Bitki, su kaybını engellemek için stomalarını kapadığı zaman fotosentez için gerekli karbondioksit

(CO_2)' in alımı da önlenmiş olur. Ayrıca kuraklık stresi koşullarında hücreler arası boşluk direnci de artarak bu boşluklarda karbondioksit (CO_2) birikimine engel olur. Yaprakların bu iki farklı tepkisi fotosenteze karşı yaprak direnci olarak isimlendirilir. Fotosentezi azaltan diğer faktörler çoğunlukla kloroplastik faktörlerdir. Fotosentez olayı başından sonuna kadar kloroplastlarda meydana gelir. Kloroplastatların özellikle stroma bölgelerinde karbondioksit (CO_2)' i tutan ve indirgeyerek organik bileşiklere dönüşmesini sağlayan bazı enzimler bulunmaktadır. Su kaybıyla oluşan biyokimyasal reaksiyonlar sonucu bu enzimler azalmakta, dolayısıyla karbondioksit (CO_2) tutumu engellenmektedir.

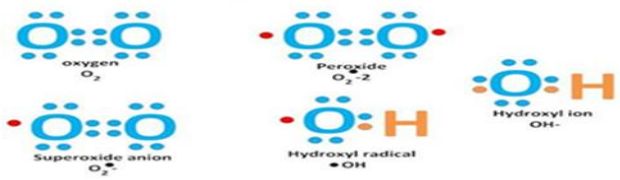
Kuraklıkla kısıtlanan karbondioksit (CO_2) özümsemesi, değişimlerle çiftlenmiş fotosistem aktivitesi ve fotosentetik elektron taşınım kapasitesi sonucunda kloroplastta Mehler reaksiyon yoluyla reaktif oksijen türlerinin oluşumunu hızlandırmaktadır (Asada, 1994). Oluşan reaktif oksijen türleri (ROT) kuraklık stresi altında hücresel hasara neden olmada kritik bir rol oynamaktadırlar.

Kuraklık stresinin bitkilerde neden olduğu değişimlerden biri ise yaprakların kloroplastlarında oluşan reaktif oksijen türlerinin üretilmesidir (Peltzer ve ark., 2002). Bunlar; süperoksit ($O_2^{\cdot -}$), hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil ($^{\cdot}OH$), singlet oksijen ($^{\cdot}O_2$) ve nitrik oksit ($^{\cdot}NO$)' dir (Li ve Stadan, 1998).

2.2. Serbest Radikaller

Hücrelerde endojen ve eksojen kaynaklı oluşan; bir veya birden fazla çift oluşturmamış elektrona sahip, kısa ömürlü, kararlı olmayan, molekül ağırlıkları yüksek olmayan moleküllerdir. (Hurst ve ark., 1997; Mills ve ark., 1998).

Tek elektrona sahip bir molekülün ya da bir grubun serbest radikal olduğunu göstermek için sağ ön kısmına bir nokta konur. Serbest radikaller tek elektronlarıyla negatif ve pozitif yüklü olabildikleri gibi nötr de olabilirler (Mc Murry, 2012; Jesberger ve Richardson., 2009).

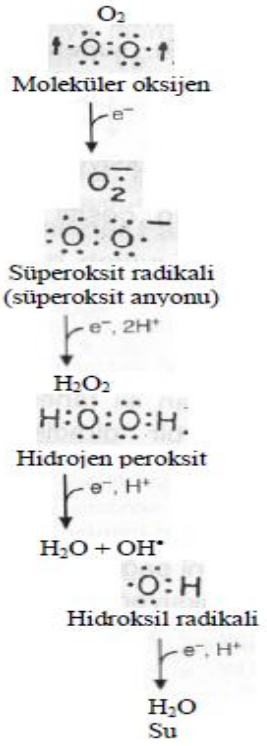


Şekil 2.1. Reaktif oksijen türleri.

Serbest radikaller hem endojen olarak hem de eksojen olarak oluşabilirler (Cross ve ark., 1987). Serbest radikallerin oluşumuna neden olan etmenler olarak çevre kirleticileri, pestisitleri, haşere kontrol ilaçları, tahrip edici kimyasalları, sigara dumanını, hava kirliliğine sebep olan fosil kaynaklı yakıtların yanma son ürünlerini, kontamine suları, radyasyonu, virüsleri, U.V. ışınlarını, enfeksiyonları, stresi, yağ metabolizması sonucunda çıkan toksik ürünleri örnekler olarak gösterilmektedir (Kaur ve Kapoor, 2001).

Biyolojik serbet radikallerin elektronları hücrelerde bulunan diğer moleküllerle reaksiyona girerek oksidatif bir stres oluştururlar. Bu oksidatif stres, organizmalardaki prooksidan ve antioksidan dengenin bozulması demektir. Serbest radikaller; lipidler, proteinler ve nükleotidler gibi temel hücre yapıtaşlarında deformasyonlara sebep olabilmektedir (Kopani ve ark., 2006).

Biyolojik metabolizmalarda en önemli serbest radikaller, oksijenden oluşurlar. Serbest oksijen radikal maddeler; oksijen, süperoksit, hidrojen peroksit, geçiş metallerinin iyonları, nitrik oksit ve hidroksil radikallerdir.



Şekil 2.2. Reaktif oksijen türlerinin elektron alış-verişleriyle oluşumları.

Serbest radikal tanımlamasında molekül oksijen, diradikal olarak isimlendirilir. Bu diradikal oksijenin elektronlarından birinin enerji olarak kendi çevresinin ters yönünde olan başka bir orbitalle yer değiştirmesiyle singlet oksijen oluşur. Singlet oksijen, birlikte kullanılan elektronu olmadığı için radikal olmayan bir reaktif oksijen molekülüdür.

Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot -}$)**,** canlılarda meydana gelen ilk ve ana oksijen radikalidir. Aerobik hücrelerde moleküler oksijenin (O_2) bir elektron alarak indirgenmesiyle meydana gelir.

Temel olarak doğrudan bir zarar vermezler. Bu radikal anyonun önemi**,** hidrojen peroksit kaynağı ve geçiş metal iyonlarında indirgeyici özelliği olmasıdır. Ayrıca bu radikal, hem oksitleyici hem de indirgeyici özelliğe sahiptir.

Süperoksidin etrafındaki moleküllerden bir elektron alması veya moleküler oksijenin etrafındaki moleküllerden iki elektron alması sonucu meydana gelen peroksidin iki protonla reaksiyonu sonucunda, hidrojen peroksit (H_2O_2) radikali ortaya çıkar.

Hidroksil radikali ($OH^{\cdot}$); hidrojen peroksitten (H_2O_2) Fenton reaksiyonu ve Haber-Weiss reaksiyonları sonucu ve suyun yüksek enerji ile iyonize olması sonucunda oluşur. Yarılama ömürleri kısadır ve reaktif bir oksidan radikaldir. Reaktif oksijenlerin en güçlü olanıdır.

Fenton reaksiyonu

$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+3} + OH^{\cdot} + OH^{-}$

Haber-Weiss reaksiyonu

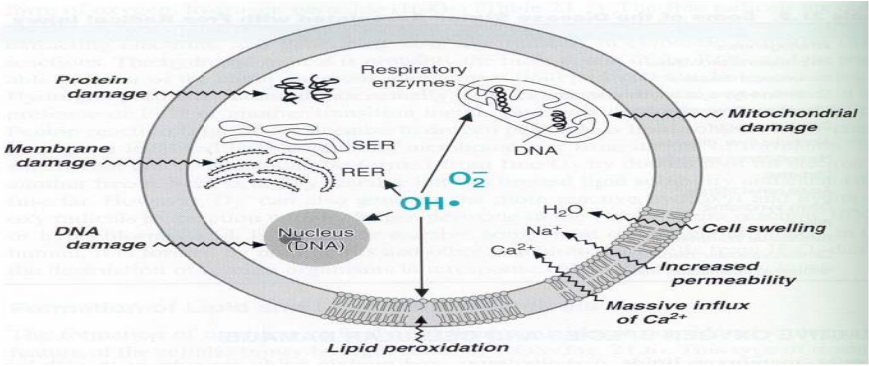
$O_2^{-} + H_2O_2 \rightarrow O_2 + H_2O + OH^{\cdot}$

Nitrik Oksit ($^{\cdot}NO$); nitrojen merkezli bir radikaldir. Hem nitrojen hem de oksijen atomu yerini tam belirtmesiyle tam radikal özelliği taşıyan bir radikal değildir. Diğer radikallere göre uzun ömürlü bir radikaldir. Reaktivitesi, düşük bir radikal olup metal içeren merkezler ve radikaller ile büyük bir hızla tepkimeye girer. Stabil özellikte olan bir radikal değildir. Konsantrasyonunun artmasıyla oksidasyonu hızlanır.

Reaktif oksijen türleri, bitkilerde proteinlerde, yağlarda ve DNA' da, oksidatif hasara neden olmakta ve hücrelerin normal fonksiyonlarını bozarak zarar vermektedir (Scandalious, 1993; Foyer ve Fletcher, 2001). Birçok hücre bölmesi reaktif oksijen türleri (ROT) üretmektedir ki bunlardan kloroplastlar önemli potansiyel bir kaynaktır. Çünkü uyarılmış pigmentlerdeki membranlar O_2' nin güçlü oksidanları süperoksit (O_2^{-}) ve singlet oksijenden ($O_2^{\cdot}$) etkilenebilmektedirler (Niyogi, 1999; Reddy ve ark., 2004). Buna ek olarak birbirini takip eden reaksiyonlar diğer reaktif oksijen türlerini (ROT) hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksili (OH^{-}) üretmektedir (Apel ve Hirt, 2004). Reaktif oksijen türleri (ROT) kloroplastlar (Apel ve Hirt, 2004), mitokondri ve plazma mebranının (Sairem ve ark., 2005) elektron taşıma zincirlerinde sekonder ürünler olarak oluşur. Bitkilerin mitokondri elektron taşıma zinciri hücre içi reaktif oksijen türlerinin (ROT) oluşması için en önemli etken olarak kabul edilir (Möller, 2001). Peroksizomlar fotosentezde Calvin döngüsünde hidrojen peroksit (H_2O_2) üretmektedir (Fazeli ve ark., 2007).

Süperoksit radikali (O_2^{-}) ve bunun azaltma ürünleri hidrojen peroksitler (H_2O_2) potansiyel toksik bileşiklerdir ve Haber-Weiss reaksiyonuyla çok toksik olan hidroksillere (OH^{-}) dönüşürler (Sairam ve ark., 1998). Reaktif oksijen türleri lipid peroksidasyonuna yol açarak membran hasarına, protein bozulmalarına ve enzim inaktivasyonuna neden olur ve fotorespirasyon sürecinde glikolat glioksilik aside okside

edildiği zaman peroksizomlar hidrojen peroksit (H_2O_2) üretirler (Sairem ve ark., 2005). Oksidatif stres aynı zamanda protein oksidasyonuyla düşük enzim aktivitesine neden olmaktadır (Berleet ve Stadtman, 1997). Serbest oksijen radikallerinin tüm bu etkileri sonucunda hücre hasarına sebep olurlar.



Şekil 2.3. Reaktif oksijen radikal türlerinin hücre içindeki etkileri.

2.3. Antioksidanlar

Olumsuz fizyolojik şartlarda oluşan serbest oksijenlerinin ve bunların oluşturduğu hasarı önlemek için metabolizmaların birçok savunma mekanizmaları bulunmaktadır. Bu savunma mekanizmalarına "antioksidanlar" denilmektedir.

Antioksidanlar; serbest radikalleri nötralize edip, verdikleri hasarlarını tamir etmeye çalışan ve metabolizmanın onlardan etkilenmesini minimum seviyeye indirip, kendisini yenilemesini sağlayan besinlerin bir sınıfıdır (Ames ve ark., 1993; Müftüoğlu, 2003). Besinlerin antioksidan içerikleri besin maddesinin cinsine, hasat zamanına, hasat yöntemlerine, iklime, depolama ve muhafaza ortamının ısısına, nemine, ışığına bağlı olarak değişebilmektedir (Cornelli, 2009).

Antioksidanlar; enzimatik ve nonenzimatik olarak gruplandırılabilirler; süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px), birinci derece enzimatikler, glutatyon redüktaz (GR), peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz (APX) ikinci derece enzimatiklerdir. Nonenzimatik olanlar ise; mineral (Se, Zn), vitamin (A, C, K ve E), karotenoitler (β-karoten, likopen, lutein, zeaksantin), organosülfür bileşikler (allium, allil sülfit, indoller), düşük molekül ağırlıklı

antioksidanlar (ürik asit), antioksidan ko-faktörler (koenzim Q_{10}) ve pelifenollerdir (Pellegrini ve ark., 2009).

Bir melloenzim olan katalaz enzimi redoks tepkimelerini destekleyici etki yapan en etkili protein katalizlerindendir (Larson, 1988). Katalaz (EC 1.11.1.6.), oksidoredüktazların hidroksidaz grubunda yer almaktadır. Bitki, hayvan ve aerobik bakterilerde bulunan ve SOD enzimi faaliyeti sonucunda oluşan sitozol, mitokondri, kloroplast ve peroksizomlarda oluşan; hidrojen peroksidi (H_2O_2) su (H_2O) ve moleküler oksijene (O_2) kadar parçalanmasını katalize eden antioksidan bir enzimdir (Higashi ve ark., 1974; Duthie ve ark., 1989; Halliwel ve Gutridge, 1990; Nicholls ve ark., 2000; Del Rio ve ark., 2002 ve Miller ve ark., 2010).

$$2\ H_2O_2 \xrightarrow{Katalaz} 2\ H_2O + O_2$$

Katalazın indirgeyici özelliği, hidrojen peroksidin (H_2O_2) yanında metil-, etil-hidroksiperoksitler gibi küçük moleküllü lipit hidroperoksitlerde de etkilidir (Ezberci ve ark., 2006; Rencüoğulları, 2006).

Organizmaya yabancı olan canlı veya cansız etkenlere karşı koruyan bir takım hücrelerde, katalaz hücreyi kendi solunumsal patlamasına karşı korumaktadır (Akkuş, 1995). Katalaz enzimi, hidrojen peroksiti substrat, elektron alıcısı ve elektron vericisi gibi birçok yerde kullanmaktadır (Lanir ve Shejter, 1975; Jones ve Masters, 1976; Nicholls ve ark., 2000; Robertson, 2004).

Katalaz enziminin ana görevi; radikal özellik gösteren hidrojen peroksit ve ROOH gibi peroksitlerin radikal özellikleri önüne geçerek oluşturabilecekleri hasarı ve stresleri engellemektir. Çünkü hidrojen peroksit, singlet oksijen ve hidroksil radikalinin kaynağıdır (Öztürk, 2002).

Süperoksit dismutaz (SOD) (EC 1.15.1.1), çok reaktif olan radikal oksijen türlerinden süperoksit anyonunu ($O_2^{\cdot -}$) katalize ederek bir hücre içinde oluşan reaktif oksijen türlerine (ROT) karşı savunmanın ilk basamağını oluştururlar (Alscher ve ark., 2002). Bu tepkime oksijen metabolize eden organizmalarda gerçekleşir. Tepkime sonunda oksijen ve hidrojen peroksit oluşur.

$$2\ O_2^{\cdot -} + 2H^+ \xrightarrow{süperoksit\ dismutaz} H_2O_2 + O_2$$

Yüksek bitkilerde temel süperoksit dismutaz (SOD) kategorisinden bahsedilir; her tanımlama kendi prostetik gruplarını içerisinde özel bir metal kullanarak yapılır. Bunlar MnSOD, FeSOD ve Cu/ZnSOD' tur. Temel kategorizileştirme orijinal

biyokimyasalda çeşitli süperoksit dismutazların (SOD) inhibitörlerine farklı cevap vermesiyle yapılmaktadır (Van Camp ve ark., 1991). Elverişli sıralama verilerinin analizleriyle açıkça belirtilmiştir ki Cu/ZnSOD içerikleriyle, FeSOD ve MnSOD içeriklerinde yapısal bir bağ bulunmamaktadır. Cu/ZnSOD' lar ökaryot hücrelerde, FeSOD ve MnSOD'larsa prokaryot ve ökaryot hücrelerde meydana gelmektedir (Bowler ve ark., 1994).

Glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzimi, selenyum (Se)-bağımlı (GSH-Px, EC 1.11.1.19.) ve selenyum (Se)-bağımsız (glutatyon S-transferaz, GST, EC 2.5.1.18) olmak üzere farklı iki adet izoformu bulunmaktadır. Tetrametrik yapıda bulunan glutatyon peroksidaz 4 adet selenyum atomu içerir ve hidroperoksitlerin indirgenmesini sağlayan bir antioksidan bir enzimdir. Glutatyon peroksidaz yoğun konsantrasyonlarda hidrojen peroksit (H_2O_2) bulunduğunda redükte glutatyonu (GSH) okside glutatyona (GSSG, Glutatyon sülfi) dönüşümünü sağlar. Bu reaksiyonda hidrojen peroksit (H_2O_2) suya (H_2O) dönüşür.

$$(ROOH)\ H_2O_2 + 2\ GSH \xrightarrow{GSH-Px} GSSG + 2H_2O\ (ROH)$$

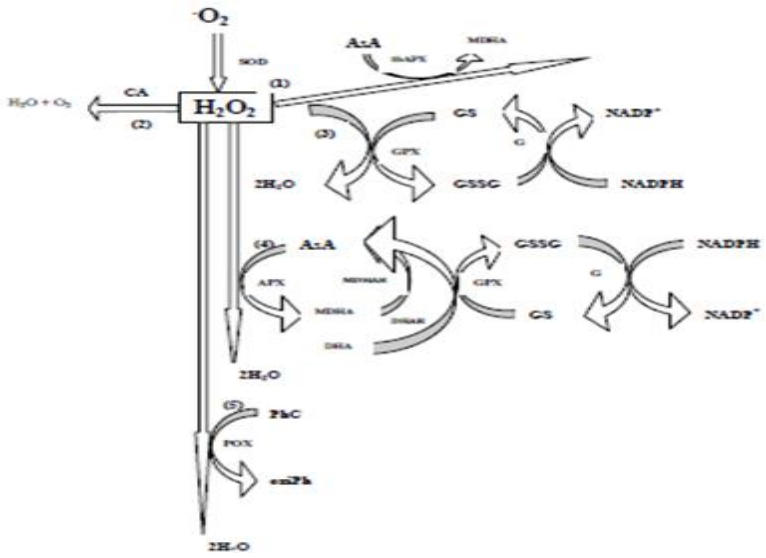
$$(ROOH) + 2GSH \xrightarrow{GSH-Px} GSSG + ROH + H_2O$$

Suda çözünebilen ve birçok hücrede çok yüksek konsantrastonlarda bulunan glutatyon, biyolojik membranlara lipid peroksidasyonuna karşı savunmaktadır. Bu savunma enzimatik olarak gerçekleşmektedir (Di Mascio ve ark., 1991). Glutatyon ayrıca hücre içinde oksijen ($^1O_2$), süperoksit anyonu (O_2^-), hidroksil (OH) gibi radikalleri birçok zararlı oksidanla enzim katalizine gerek duymadan tepkimeye girebilir (Larson, 1988).

$$ROOH + 2GSH \xrightarrow{GSH-Px} GSSG + ROH + H_2O$$

Çevresel stres faktörlerince oluşumu artan serbest oksijen radikal türlerine karşı glutatyon peroksidazlar (GSH-Px) hücre membranını, DNA'yı ve proteinleri savunma mekanizması oluştururlar. Glutatyon peroksidaz (GSH-Px) aktivitesi bitkilerin, böceklerin, mayaların, bakterilerin ve bazı memelilerin dokularında detoksifikasyonunda anahtar rolü oynarlar (Toprak, 2007).

Ayrıca endojen ve eksojen nitrik oksit uygulaması glutatyon peroksidaz (GSH-Px) oluşumu azaltır ve hücresel dengeyi bozar. Bir stres oluşur ve enzim inhibe olur. Bu enzim hücrede mitokondrilerde ve peroksizomda bulunur.



Şekil 2.4. Bitkilerde reaktif oksijen türlerinin zararsız hale dönüştüren hücresel ana metabolik yol (Posmyk ve ark., 2009).

Sairam ve ark. (1997), sıcaklık ve kuraklık stresinde farklı buğday genotiplerinin bu streslere karşı toleranslarını ve antioksidan enzimlerine etkilerini incelemişlerdir. Hem kuraklık hem de sıcaklık stresinde glutatyon redüktaz (GR) ve peroksidazın (GSH-Px), membran stabilitesinin, klorofil içeriğinin ve klorofil stabilitesinin arttığını gözlemlemişlerdir. En fazla artışın ise DL153-2 genotipinde olduğunu bildirmişlerdir.

Fu ve Huang (2001), farklı iki tür soğuk dönem çiminin antioksidant metabolizması ve lipid peroksidasyonu üzerine yüzey su seviyelerinin etkisini araştırmışlardır. İki çeşitte de kuraklık stresine karşı antioksidant enzimlerin seviyelerini özellikle süperoksit dizmutaz (SOD) ve katalaz (CAT)' ın arttığını bildirmişleridir.

Turkan ve ark. (2005), kuraklık stresinde süperoksit dizmutaz (SOD) enzim aktivitesinin ve askorbat glutatyon (APX) temizleme zincirinin önemli iki enzimi olan askorbat glutatyon (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) aktivitesinin arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca düşük süperoksit dizmutaz (SOD) aktivitesi, küçük stoma açıklığında Mehler reaksiyonu küçük ürünlü süperoksitlere ($O_2^{\cdot-}$) dönüşebileceğini bununda karbondioksit (CO_2) fiksasyonunu kısıtlayarak önleyeceği sonucuna varmışlardır.

Li-Ping ve ark. (2006), kuraklık stresinin yaprağın permeabilitesi ve enzimatik antioksidantları üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada farklı mısır olum dönemlerinde süperoksit dizmutaz (SOD), peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) aktivitelerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

Pan ve ark. (2006), tuz ve kuraklık stresinin antioksidant enzim aktivitesi ve süperoksit dizmutaz (SOD) izoenzimlerinin meyan kökü bitkisindeki etkilerini incelemişler ve iki stres koşulunda da oksidatif strese neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Lipid peroksidasyonunun, süperoksit dizmutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) enzim aktivitelerinin arttığını, buna karşın katalaz (CAT) aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Terzi ve Kadıoğlu (2006), *Ctenonthe setoza* bitkisinin kuraklık stresinde toleransını ve antioksidant enzim sistemlerini incelemişlerdir. Yapraklarda, köklerde ve petiolede süperoksit dizmutaz (SOD)' ın kuraklığın ilk dönemlerinde arttığını ilerleyen dönemlerde ise azaldığını gözlemlemişlerdir. Glutatyon redüktazın (GR) yapraklarda dikkate alınacak bir değişmeye sebep olmadığını, buna karşın köklerde arttığını, yine peroksidazın (POD) seviyesinin yapraklarda arttığını, köklerde ise azaldığını bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2008), eş zamanlı kuraklık ve sıcaklık stresi koşullarının Kentucky mavi çim üzerine etkilerini incelenmişler ve bu çalışmada eş zamanlı streslerin oksidatif strese neden olduğu gözlemlemişlerdir. Süperoksit dizmutaz (SOD) aktivitesinin yükselmesinin eş zamanlı stres koşullarında oluşan reaktif oksijen türlerini yok etmede yeterli olmadığını bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2009), farklı *Medicago sativa* (alfalfa) türlerinde tuz ve kuraklık stres koşullarındaki antioksidant enzimlerin seviyelerini incelemişlerdir. Çalıştıkları Xinmu no.1 adlı çeşidin enzimatik aktivitesinin özellikle süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT) ve peroksidazın (POD) filizlerdeki ve köklerdeki oranın daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir.

Abedi ve Parniyat (2010), 10 farklı kolza çeşidinde kuraklık stresinin antioksidant enzimler üzerine etkisini araştırmışlardır. Birçok çeşitte süperoksit dizmutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) enzim aktivitelerinin arttığını, buna karşın katalaz (CAT) enzim aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Kılınç (2011), 3 farklı su stresi seviyesinin *P. somniforum* L. (haşhaş) üzerine olan etkilerini araştırmıştır. 5 ay süreyle çalışılan 17 tescilli haşhaş çeşidinde ait hafif su stresi uygulamalarında, katalaz (CAT) enzim aktivitesinin kontrole göre önemli ölçüde; askorbat peroksidaz (APX) ve peroksidaz (POD) enzim aktivitelerinde de değişimlere neden olduğu belirlenmiştir. Orta şiddette su stresine maruz bırakılan çeşitlerde katalaz

(CAT) aktivitesinde artma peroksidaz (POD) enzim aktivitesinde azalmaya, askorbat peoksidaz (APX) aktivitesinde değişmeye neden olduğu bildirilmiştir. Yüksek şiddette su stresinde ise askorbat peroksidaz (APX) ve katalazda (CAT) artmaya, peroksidazda (POD) azalmaya neden olduğu bildirmiştir.

2.4. Selenyum

Selenyum, Jon Berzetius (1817) tarafından sülfirik asit üretimi esnasından sülfürdioksidin oksidasyonunda açığa çıkan kalıntılardan keşfedilen bir elementtir. Selenyum doğada camsı kolloidler şeklinde, kırmızı kristaller şeklinde ve hegzogonal gri kristaller şeklinde bulunur (Kruyt, 1909). Yeryüzünde bulunma düzeyi ortalama olarak 0.09 ppm olarak belirlenmiştir. Selenyum birçok kaya çeşidinde, minerallerde, volkanik materyallerde, fosil yakıtlarda, topraklarda, bitkilerde ve sularda varlığı belirlenmiştir.

Dünya topraklarında ortalama olarak 0.1 ve 2 mg kg^{-1} arasında belirlenmiştir (Swaire, 1962; Anonim, 1983; Rose ve ark., 1979). Selenyum topraklarda genellikle selenidler, elementel selenyum, selenit, selenat ve organik selenyum bileşikleri olarak bulunmaktadır. Toprak ve sedimentlerde selenyum kimyasal formu ve bitkilere yarayışlılığı, oksidasyon-redüksiyon potansiyeline ve toprak nemi ile yakından ilişkilidir.

Bitkilerde selenyum miktarı % $n.10^{-6}$ olarak Kovalskiy (1967) tarafından bildirmiştir. Anderson (1961) ve Yermakov (1966)'a göre bitkilerde selenyum miktarı bitkinin yaşına bağlıdır. Bitki ne kadar yaşlı ise selenyum miktarı fazlalaşır. Selenyumun bitkilerce alınmasında pH, organik madde, sülfat ve demirin miktarı önemlidir. Bitkiler geliştikleri ortamda selenyumu selenat, SeO_4^{-2} iyonları şeklinde almaktadır (Halilova, 1974). Selenit, SeO_3^{-2} iyonu şeklinde alınan selenyum miktarı çok azdır.

Selenyum geçtiğimiz son 20 yılda kuraklık stresi çalışmalarında yoğun olarak incelenen bir mikro elementtir (Terry ve ark., 2000). Selenyum canlı organizmalar için esansiyel bir iz elementtir (Tos`-Luty ve ark., 2003). Bitkilerde bulunan selenyum miktarları bitkinin çeşidine göre değişmektedir. Halilova ve Sözüdoğru (2000), yapmış oldukarı çalışmada en düşük selenyum seviyesine sahip bitkileri sazlık ve bataklık

bitkilerinde, en yüksek selenyum seviyesinin de ceviz ve pelit bitkilerinde olduğunu bildirmişlerdir. Bitkilerde düşük yoğunluklardaki selenyum içeriklerinin bitki gelişimini olumlu yönde teşvik ettiği, yüksek yoğunluklardaki içeriklerin büyümede yavaşlama, yapraklarda kloroz ve nekroza neden olduğu bilinmektedir.

Yüksek konsantrasyonlardaki selenyum içeriği bitkilerde zehir etkisi yaratmaktadır; bitki büyümesi duraklamakta, bitkinin selenyum içeriği artmakta ve büyüme uçları ile tohumlarda birikerek 1500 mg kg^{-1} seviyelerine kadar çıkmaktadır. Selenyum, kükürt ile benzerlik göstererek proteinlerin yapısına katılmakta ve proteinlerin 3 boyutlu yapılarında farklılıklara neden olmaktadır. Bu benzerlik dokulardaki toksik etkiyi açıklamaktadır (Terry ve ark., 2000; Suzuki ve ark., 2006).

ChangQuan ve ark. (2004), topraktaki kükürt içeriği 17 mg S kg^{-1} ve Se içeriği 0.04 mg Se kg^{-1} olan bir toprakta, farklı dozlarda S (0, 20, 40, 80 ve 160 mg S kg^{-1}) ve iki selenyum dozunun (0 ve 20 mg Se kg^{-1}) birlikte uygulanarak sarımsak yetiştirilen bir sera denemesinde, kombine S ve Se uygulamasının mineral beslenmeyi artırarak sarımsağın beslenme kalitesini yükselttiği belirtilmiştir.

Selenyum antioksidant özellikte bir elementtir (Stepleton, 2000; Brenresien ve ark., 2005). Selenyum antioksidan savunma, enzimlerinden biri olan glutatyon peroksidaz enzimlerinin yapısında bulunur. Glutatyon peroksidaz enzimi hidrojen peroksit ve yağ hidroperoksitler gibi potansiyel zarar verici reaktif oksijen türlerinin su ve alkol gibi zararsız ürünlere indirgenmelerini glutatyonun oksidasyonu ile sağlarlar (Brown ve Arthur, 2001).

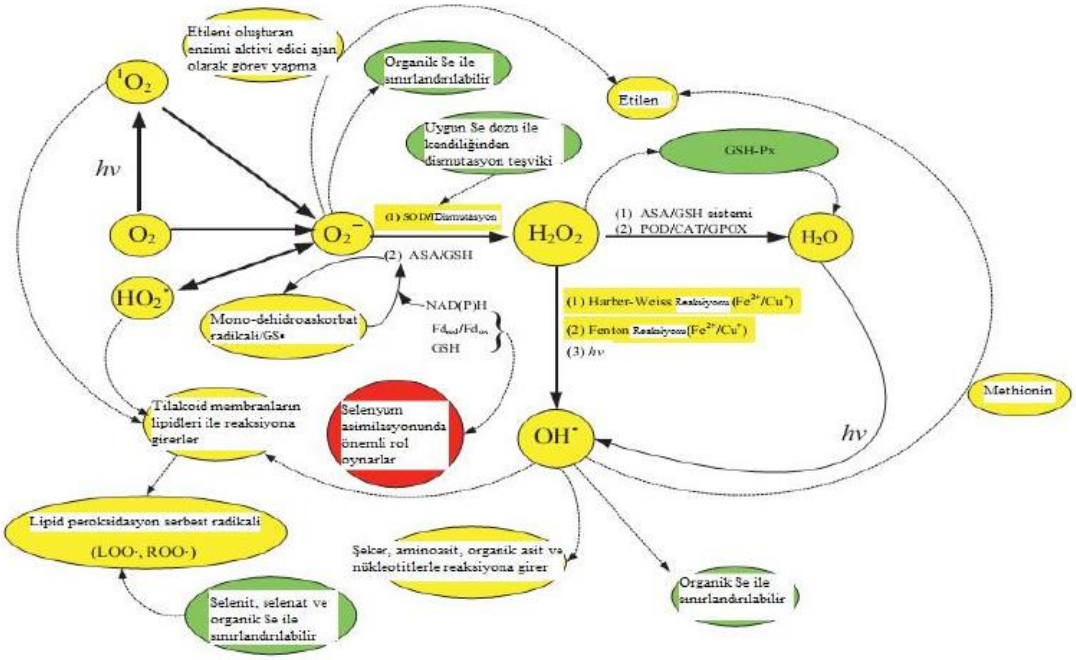
Selenyum aynı zamanda yaşlanmayı geciktirebilir ve fidenin büyüme gelişimini teşvik ettiği ifade edilmiştir (Xue ve ark., 2001). Glutatyon peroksidaz enziminin yapısına girerek hücre zarını ve hücrelerin bir arada tutulmasını sağlar ve yağ peroksidasyon etkisinin zararlarından hücreyi korur. Böylece dokuların yaşlanma sürecini yavaşlatıcı etkisinin olduğu bilinmektedir (Steven, 1994).

Selenyum bitkiler için mutlak gerekli bir element olmamasına rağmen (Terry ve ark., 2000), çeşitli çalışmalar az miktarda selenyumun bitkilerde gelişmeyi teşvik edici etkisi olduğunu göstermektedir (Perkins ve King, 1938; Scharrer ve Schropp, 1950; Turakainen ve ark., 2004; Djanaguiraman ve ark., 2005; Cartes ve ark., 2005; Cartes ve ark., 2010). Ayrıca, selenyumca zenginleştirilmiş bir ortamda yetiştirilen bazı bitki türlerinin, kuraklık (Kuznetsov ve ark., 2003; Germ ve ark., 2007; Yao ve ark., 2009),

tuzluluk (Kong ve ark., 2005; Djanaguiraman ve ark., 2005; Hawrylak-Nowak, 2009) ve ağır metal (Srivastava ve ark., 2009; Cartes ve ark., 2010) streslerine karşı direnç geliştirdiği gösterilmiştir. Selenyum, bitkilerin antioksidan kapasitesini artırarak büyüme ve stres toleransları üzerinde yararlı etki göstermektedir (Kong ve ark., 2005; Rios ve ark., 2009). Yapraktan selenyum uygulamasının; delice otu (Hartikainen ve ark., 2000), marul (Xue ve ark., 2001), patates (Turakainen ve ark., 2004), yeşil çay yaprakları (Hu ve ark., 2003) ve soya fasulyesi (Djanaguiraman ve ark., 2005) bitkilerinde büyüme üzerindeki uyarıcı etkisi bildirilmiştir.

İnsanların ve hayvanların selenyumla beslenme düzeylerini artırmak amacıyla bitkilerde selenyumlu gübreleme yapılmaktadır. Selenyumun alınımı ve toksisitesinin anlaşılması için örneklerdeki selenyumun belirlenmesi gereklidir (Smrkolj ve ark., 2005). Bazı Avrupa ülkelerinde buğdayların genel olarak Se bakımından fakir olması nedeniyle gübrelere tıpkı Finladiya'da olduğu gibi Se ilavesiyle buğdayların selenyum konsantrasyonları ortalama 10 μg kg^{-1} iken bu uygulamayla 25 katlık bir artış olmuş ve 250 μg kg^{-1} düzeyine çıkmıştır (Eurola ve ark., 2006). Böylece Se gübreleme öncesi 25 μg Se $gün^{-1}$ olan ortalama Se alımı 110 μg Se $gün^{-1}$'e yükselmiştir (Eurola ve ark., 2006).

Selenyum doğada inorganik ve organik olarak iki çeşittir (Korenovska, 2006). Selenyum doğada selenat (Se^{+6}), selenit (Se^{+4}), element halinde (Se0) ve selenid (Se_2) olmak üzere dört oksidasyon seviyesinde bulunur (Maher ve ark., 2010; Wallschlager ve Feldmann, 2010; Winkel ve ark., 2012). Bitkide selenatın köklerden alımının ve dağılımın selenite göre çok daha hızlı olduğu belirlenmiştir (Shrift ve Ulrich, 1969; Cartes ve ark., 2005).



Şekil 2.5. Stres altındaki bitkilerde Se ilavesinden sonra ROS üretimi ve sınırlandırılmasından sorumlu mekanizmalara genel bakış (Feng vd., 2013). Se stres altındaki bitkilerde 3 metabolik yol ile ROT seviyelerini düzenleyebilir: (1) $O2^{\bullet-}$' in H_2O_2' e kendiliğinden dismutasyonunu teşvik ederek; (2) Se içeren bileşikler ve ROS arasında direk bir reaksiyon yoluyla ve (3) Antioksidatif enzim aktivitelerini düzenleyerek.

Helena ve ark. (2000), selenyumun (Se) glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enziminin aktivitesinin bitkilerdeki oranını yükselttiğini bildirmişlerdir.

Hartikainen (2000), yaptığı çalışmada *Lolium perene* çimi sürgünlerine 0.1, 1.0, 10 ve 30 mg Se kg^{-1} dozlarında selenyum uygulaması yaparak, iki defa hasat edilerek iki defa verim değerlendirmesi yapılarak antioksidatif sistem ve büyüme parametreleri analiz edilmiştir. 10 mg Se kg^{-1} selenyum dozu oksidatif strese bağlı verim kayıplarına yol açmıştır. Selenyum yüksek konsantrasyonlarda bir pro-oksidan iken düşük konsantrasyonlarda antioksidan görevi yaparak lipid peroksidasyonunu ürün miktarını artırdığını bildirmişlerdir.

Xue ve ark. (2001), *Lactuva sativa* bitkisine belli süre ve artan dozlarda (0, 0.1 ve 1.0 mg kg^{-1}) selenyum uygulanmış, genç ve senesense uğramış fidelerde taze ve kuru ağırlıklar karşılaştırılmıştır. Senesense uğramış bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarındaki azalma genç fidelerinkinden daha fazla olduğu ifade edilmiştir.

JaeMoon ve ark. (2001), tarafından yapılan sarımsak yetiştirilen tarla denemesinde;10, 20 ve 50 gr sodyum selenat ha^{-1}, 60, 120 ve 240 g sodyum selenit ha^{-1} topraktan gübreleme ve 10, 20 ve 50 g Se ha^{-1} düzeylerinde yapraktan uygulama yapılmış ve yüksek Se dozlarının yaprak ve dişlerin Se kapsamını artırdığı, Se uygulanmayan parsellerde bile az miktarda Se tespit edildiği ve yapraktan gübreleme ile sodyum selenat uygulamasında sarımsağın Se kapsamının daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir.

Hu ve ark. (2003), tarafından yapılan çalışmada yeşil çaya selenat ve selenit şeklinde gübre uygulanmasıyla yeşil çay yapraklarında verim ve kalite araştırılmıştır. Filiz sayısı ve verim selenyum uygulanmasıyla önemli derecede artmıştır.

Khattab (2004), *Eruca sativa* (Rocket) bitkisini farklı sodyum selenat (0, 5, 10, 100, 1 000, 2 000, 3 000 μM) dozlarına maruz bırakarak bitkilerle ilişkili metabolik ve oksidatif cevaplar araştırmıştır. Kök ve sürgün uzunluğu, yaş ağırlık, kuru ağırlık düşük selenyum konsantrasyonlarında (5 ve 10 μM) artmıştır. Ancak yüksek selenyum uygulaması (100 μM) toksik etki göstermiştir bundan dolayı sürgün ve köklerdeki uzunluk, taze ve kuru ağırlık miktarı azalmıştır. Enzimatik olmayan antioksidanların (glutatyon, askorbik asit ve karotenoidler) düzeyleri artmıştır. SOD ve APX gibi antioksidan enzim aktiviteleri 5 ve 100 μM da artarken CAT ve GPX aktiviteleri azalmıştır.

Djanaguiraman (2005), yaptığı çalışmada soya bitkisine yapraktan 50 ppm sodyum selenat püskürtülmüş ve soya fasulyesi yaprakları antioksidan enzim aktivitesi hasat edilmiştir. Uzun süre selenyum uygulanan bitkilerin MDA üretimi, kısa sürede selenyum uygulanan bitkilerin MDA üretiminden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak uzun sürelerde selenyum uygulamasının dokuda daha fazla selenyum birikimine neden olduğu bildirilmiştir.

Montillet ve ark. (2005), Lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. Vera) bitkisinde (0, 2, 4, 8, 16, 32 ve 64 μmol/L) selenyum uygulanmış, düşük selenyum dozlarında CAT ve SOD aktivitesi artarken artan dozlarda azalma gözlenmiştir. Bunun sebebinin oksidatif stres sırasında aşırı ROT üretim olarak hücre ölümüne ve membran hasarına neden olmasına dayandırılmaktadır.

Yılmaz (2006), selenyum uygulamalarının arpada (*Hordeum vulgare* L.) selenyum, kükürt ve azot alımına ve aminoasit profiline etkisi araştırmıştır. Yapılan

çalışmada üç arpa çeşidine (Çetin 2000, Bülbül 89 ve Tarm 92) bitkilerin ekimi ile 1, 2, 3 ve 4 mg selenit, başaklanma döneminde 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 mg olarak selenat uygulanmıştır. Üç aylık gelişme sonunda hasat edilerek kök, gövde ve tanede selenyum kükürt, azot ve aminoasit analizi yapılmıştır. Uygulanan bütün çeşitlerde selenyum miktarının kökte, tane ve gövdeye oranla daha fazla biriktiği görülmüştür. Artan dozlarda uygulanan selenyumun bitkilerin kök, gövde ve tanesinde selenyum, tanede azot ve kükürt alımını etkilediği bildirilmiştir.

Çakır (2007), selenyum toksisitesinin iki arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşidinde (tarm 92, bülbül 89) antioksidan enzim aktivitesine etkisi, biyokimyasal ve fiziksel özelliklerin araştırıldığı çalışmada Hoagland solüsyonuyla birlikte sodyum selenat çözeltisi 2, 4, 8 ve 16 ppm dozlarında uygulamışlardır. Selenyum toksitesinin on günlük arpa fidelerinde doz artışına bağlı boy uzunluğunda ve klorofil miktarında düşüşler olmuştur. Yaprak dokularında selenyum stresi altındaki her iki arpa çeşidindede MDA ve prolin miktarı artmıştır. Artan selenyum dozlarının antioksidan enzim sisteminde değişikliklere neden olduğu CAT, APX, SOD, GR, GST ve GPX enzim aktivitelerinin kontrol grubu ile karşılaştırıldığında artış gösterdiği bildirilmiştir.

Hawrylak (2008), mısır bitkisiyle yaptığı çalışmada selenyumun fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi makro elementlerin alınımına nasıl bir etkisi olduğu araştırılmıştır. Bitkiler, hoagland çözeltisinde 14 gün boyunca (pH 6.2), kontrol 5, 25, 50 ve 100 μmol/dm^{-3}de yetiştirilmiştir. Selenyum konsantrasyonu arttıkça bitki büyümesi olumsuz etkilenmiştir. Düşük selenyum konsantrasyonları (5-25 μmol/dm^{-3}) bitki büyümesi ve kuru ağırlığını artırırken kök uzamasını da uyarmıştır. Ancak yüksek konsantrasyonlar (50-100 μmol/dm^{-3}) bitkinin kuru ağırlığını ve kök uzamasını azaltmıştır. Yüksek selenyum konsantrasyonlarının, bitkilerin biyokütlelerinin azalması, mineral dengesi bozuklukları ve gövde de kalsiyum, fosfor gibi makrobesinlerin büyük miktarlarda birikimi gibi olumsuz etkilerinin olabileceğini ortaya koymuştur.

Harmankaya (2009), yaptığı çalışmada Orta Anadolu Bölgesi iklim koşullarında yetiştirilen 20 ekmeklik ve 15 makarnalık buğday çeşidinin selenyuma (0, 0.2, 1 ve 5 mg kg^{-1}) verdiği tepkileri araştırmıştır. Artan selenyum dozları yeşil aksam, tane ve gövde selenyum konsantrasyonunu ve miktarını önemli derecede artırmıştır. Ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinde kuru madde ve tane verimleri 0,2 mg kg^{-1} selenyum dozunda artarken, artan dozlarda azaldığı bildirilmiştir.

Nowak (2009), tuz stresi altında yetiştirilen hıyar bitkilerine 5 ve 10 µM dozlarında Se uygulandığında, bitki büyümesi, fotosentetik pigmentlerin miktarı ve prolin içeriğinin arttığı rapor edilmiştir. Yüksek tuzluluk sorunu olan koşullarda dışardan Se takviyesi ile bitkilerde önemli derecede tuza dayanıklılık potansiyelinin artırıldığı bildirilmektedir.

Yao ve ark. (2009a), kuraklık stresi altındaki buğday fidelerinde selenyumun etkisinin araştırıldığı çalışmada 0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 3.0 mg kg^{-1} dozlarında selenyum uygulanmıştır. Katalaz ve peroksidaz enzim aktivitelerinde kontrole göre artışlar gözlenmiştir. MDA miktarında ise artan dozlara bağlı azalmalar bildirilmiştir. Yüksek şiddetli su stresine maruz bırakılan çeşitlerde ise APX ve CAT enzim aktivitelerinde artma olurken POD enzim aktivitesinde azalma olduğu bildirilmiştir.

Yao ve ark. (2009b), selenyumun (Se) kuraklık stresinde buğday tohumların üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kök bölgesinde prolin içeriğinin, peroksidaz (POD), katalaz (CAT) enzimlerinin aktivitelerinin arttığını bilirmişlerdir.

Gökbulut (2010), hidroponik ortamda yetiştirilen 2 farklı buğday kültüvarında (Gökgöl 79 ve İkizce 96) 1, 10 ve 20 ppm selenyum uygulanarak on günlük buğday fidelerindeki fizyolojik ve biyokimyasal özellikler ile antioksidan enzim aktivitelerine, oksidatif stres belirtisi olan MDA miktarına etkisini araştırmıştır. 10 ppm üstünün boy uzunluğu, taze ve kuru ağırlıkta azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Dokuda biriken MDA miktarının arttığı bildirilmiştir. CAT, APX, SOD, GR, GST ve GPX enzim aktivitelerinin 1, 10 ve 20 ppm selenyum dozlarında arttığı bildirilmiştir.

Kılınç (2011), haşhaş (*Papaver somniferum* L.) bitkisinin 17 tescilli çeşidinde 5 aylık bir büyüme peryodu sonunda hafif (%80), orta (%40) ve şiddetli (%20) olmak üzere üç farklı seviyede su stresi uygulanarak CAT, POD ve APX gibi antioksidan enzim aktivitelerini araştırmıştır. Yapılan çalışmada 17 çeşide hafif su stres aktivitelerinde değişmeler olmuştur. Orta şiddetli su stresinde CAT aktivitesinde artma, POD aktivitesinde azalma ve APX enzim aktivitesinde ise değişmeye neden olmuştur.

Habibi (2013), yaptığı çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Rihane-03) üzerine selenyum uygulamasının bazı fizyolojik özelliklere etkişi araştırmıştır. 30 g ha^{-1} yapraktan selenyum uygulama kuru ağırlık ve su içeriğini artırmıştır. Antioksidan aktivite kuraklık stresiyle önemli ölçüde artmıştır. Oransal su içeriği (RWC) ve kuru ağırlık su stresinde önemli ölçüde azalmıştır.

Kuraklık steresinde ve selenyum takviyesinde SOD, POD, CAT ve APX aktivitelerinde kontrole göre önemli artış olmuştur. Kuraklık stresi MDA ve H_2O_2 miktarında önemli birikime neden olurken, selenyum takviyesinde deney süresince MDA ve H_2O_2 sabit kaldığı bildirilmiştir.

Prabha ve ark. (2013), *Portulaca oleracea Linn.* bitkisine 10, 20, 40, 80, 160, 320 ve 640 μg g^{-1} dozlarında sodyum selenit uygulayarak köklerden selenyum alımı ve birikimini araştırmışlardır. Bitkinin topraktaki selenyum konsantrasyonunun artmasıyla dokulardaki selenyum birikiminin artmasına rağmen bitkilerin büyüme oranı, yaprak yenilemesi, yaprak sayısı, kök sayısı ve biyokütlenin konsantrasyonlara bağımlı olarak azalma gösterdiği rapor edilmiştir.

Abbas (2013), yaptığı çalışmada *Sorghum bicolor* L. bitkisi soğuk stresi altındaki genç fidanlarda selenat seviyesinin etkisini araştırmıştır. *Sorghum* tohumları 6 saat boyunca 0, 3, 6 ve 12 mg L^{-1} dozlarında sodyum selenatta ıslatılmıştır. Düşük selenat uygulamasında (3 ve 6 mg L^{-1}) lipid peroksidasyonu ürünü olan MDA miktarı azaldığı bildirilmiştir.

2.5. Çerezlik Bal Kabağı

Cucurbitaceae familyası 118 adet cins ve 825 türden oluşmaktadır (Jeffery, 1990; Bisognin, 2002). Bu familyadaki Cucurbita cinsi morfolojik olarak bitkiler aleminde en çok varyetesi olan cinslerden bir tanesidir (Robinson ve ark., 1997). Cucurbita cinsinden yaygın kültürü yapılan türler; *Cucurbita maxima* Duch. (kışlık kestane kabakları), *Cucurbita moschata* (Duch. Ex. Lam.) (kışlık bal kabakları), *Cucurbita pepo L.* (yazlık kabaklar), *Cucurbita arygyrosperma Hiber.* (syn. C. Mixta.) (kışlık bal kabakları) ve *Cucurbita ficifolia* (çok yıllık kışlık kabakları)' dır (Whittaker ve Bemis, 1975; Nee, 1990; Wilson ve ark., 1992).

Olgunlaşmış ve olgunlaşmamış meyvelerinin insan beslenmesinde kullanılmasının yanında besleyici değeri yüksek olan tohumları da özellikle ülkemiz, Akdeniz ülkeleri ve Ortadoğu Ülkelerinde çerezlik olarak kullanılabildiği gibi, gıda ve kozmetik sanayinde de kullanılmaktadır (Stuart, 2006; Yanmaz ve Düzeltir, 2003). *C. pepo* türü kalın ve sert tohumlara sahiptir. Bu sertliğe tohum kabuğundaki tabakalarda oluşan odunlaşmaya sebep olmaktadır (Zraidi ve ark., 2003).

Kabak çekirdekleri mineral, vitamin ve yağ içeriği bakımından zengindir. 100 g yenebilir kabak çekirdeğinde 610 kcal enerji, 10 g karbonhidrat, 30 g protein ve 50 g yağ içermektedir (Ayaz, 2008). Kabak çekirdeği % 78' e varan oranlara kadar doymamış yağ asitleri içermektedir. Doymamış yağ asitlerinin % 40-57' si linoleik asitleri oluşmaktadır. Yağda bulunan lineoik asit E vitaminin en önemli kaynağıdır. Ayrıca B grubu vitaminlerce ve (Kreft ve ark., 2002) Ca, K, P, Mg, Fe ve Zn bakımından zengindir (Lazos, 1986).

Çerezlik kabak olarak kullanılan yazlık kabak çeşitlerin meyve renkleri beyaz gri (sakız), sarı, turuncu, yeşil ve koyu yeşil olarak değişiklik gösterir. Bu kabak çeşitlerinin 1000 tane (tohum) ağırlığı 200-400 g arasındadır. Tohumlar 10 °C' de çimlenmeye başlar ve bitki gelişimi için gerekli optimum sıcaklık isteği 20-25 °C aralığındadır. Yüksek ışık alma koşulları gelişimini iyi etkiler. En iyi yetişmesi için toprak özellikleri; derin, iyi drene ya da permabilitesi yüksek, su tutma kapasitesi yüksek, yüksek organik maddeli ve mineral maddece zengin olmalıdır. En uygun toprak pH aralığı 6-7 aralığındadır (Vural ve ark., 2000). Vejetasyon süresi yaklaşık 100 gündür. 1 kg meyvede 2500-5000 adet tohum bulunur. Hasat olgunluğuna gelen kabak bitkilerinin yapraklarının sararıp kuruması beklenir (Anonim, 2006a). Çerezlik bal kabaklarında meyve hasadı için tam olgunluk dönemi beklenir ki tohumlar tamamen irileşip olgunlaşabilsinler. Ülkemizde kabak hasadı yaz sonunda- sonbahar başlangıcında yapılır (Yanmaz ve Düzeltir, 2003). Yazlık kabak çeşitlerinde dekardan ortalama 40-50 kg aralığında tohum elde edilmektedir. Meyve başına ortalama tohum verimi 30-100 g arasında değişmektedir (Abak ve ark., 1990).

Ülkemizde genetik çeşitlilik yönünden zengin olan kabaklar 3 temel grupta toplanır; bunlar yazlık kabak, kışlık kabaklar ve süs kabaklarıdır. Yazlık kabaklar grubunda yer alan kabaklar; sakız kabağı (*Cucurbita pepo* L.), helvacı kabağı (*Cucurbita maxima*), ve bal kabağı (*Cucurbita moschata* Pour.) türleridir (Yanmaz ve ark., 2008). Ülkemizde farklı yörelerde başarılı bir şekilde yetiştirilebilen çerezlik kabak varyeteleri bulunmakta ve bu varyeteler yetiştikleri yörelerin isimleriyle anılmaktadır (Düzeltir, 2004).

Ülkedeki son yıllardaki çerezlik kabaklarının üretiminin artmasının birçok nedeni bulunmaktadır. Diğer kabak türlerini yetiştiriciliğinden daha karlı olması ekonomik avantajlar sağlamakta, kıraç koşullarda dahi yetiştiriciliğinin yapılabilmesi,

yemeklik kabak türlerine oranla daha az su, gübre, ilaç tüketiminin olması, ekim, gübreleme, çapalama ve çekirdek ayrımının makine ile yapılabilmesiyle işçilik masraflarının daha az olması, depolama ömrünün uzun olması ve pazarlama konusunda sebzeler arasında en sorunsuz olması olarak sıralanabilir (Yanmaz ve Düzeltir, 2003). Fakat bu avantajları yanında bazı dezavantajlarınında unutulmaması önemlidir. Bunlar; yabancı döllenmenin yüksek olmasından kaynaklı saf varyete korumasının zor olması, tohum şekillerinin aynı olmasına karşın meyve şekillerinin çok fazla olması (Toprakkarıştıran, 1997; Düzeltir, 2004) ve ayrıca ülkemizde çerezlik hibrit kabak bulunmamasıdır (Menemencioğlu ve ark., 2013).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yerinin tanıtımı

Araştırma Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü' ne ait iklim odasında yürütülmüştür.

3.1.2. Deneme Materyali

3.1.2.1. Yetiştirme ortamının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Yetiştirme ortamı olarak toprak kullanılmıştır. Havada kurutulan toprak örnekleri ağaç tokmak ile dövülmüş ve 2 mm' lik elekten geçirildikten sonra kullanıma hazır hale getirilmiştir. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Killi tınlı bünye sınıfında yer alan deneme toprağının, alkali reaksiyonlu, tuzsuz, orta düzeyde kireçli, organik madde, azot ve yarayışlı fosfor bakımından yetersiz ve değişebilir potasyum içeriğinin ise yeterli olduğu belirlenmiştir (Alparslan ve ark., 2005)

Çizelge 3.1. Yetiştirme ortamının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Bünye	pH (1:2.5)	Tuz (µs/cm)	Kireç (%)	Organik madde (%)	Toplam N (%)	Yarayışlı P (ppm)	Değişebilir K (ppm)
Killi tınlı	8.23	195.18	5.37	1.63	0.0792	7.20	290

3.1.2.2. Yetiştirilen bitkisel materyal

Araştırmada deneme bitkisi olarak çerezlik balkabağının (*Cucurbita pepo* L.) iki farklı çeşidi kullanılmıştır.

3.1.2.3. Deneme alanının hazırlanması

Yetiştirme ortamında sıcaklık, nem, ışık ve ayrıca sterilizasyon kontrolleri yapılmıştır. İklim odasında; genotiplere ait tohumların çimlenmesi sağlanmış, çimlenme sonrası genç fidecikler büyüme ve gelişme süresince % 45-55 nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperyod, 25±1 $^{\circ}$C sıcaklık ile 10 000 Lüx/Gün ışık intensitesi olacak şekilde ayarlanan kontrollü koşullar altında yetiştirilmişlerdir.

3.2. Yöntem

Denemede bitki yetiştirme ortamı olarak toprak ve plastik saksılar kullanılmıştır. İki (2) kilogram deneme toprağı tartılarak saksılara yerleştirilmiştir. Her bir saksıya 4 adet tohum ekilmiş ve 10. günün sonunda 2 adet bitkiye seyreltilmiştir. Denemede selenyum uygulamaları 4 farklı dozda (0-1-2-4 mg kg^{-1} Se), sodyum selenat (Na_2O_4Se) olacak şeklinde yapılmıştır. Her bir doz 2 kg'lık saksı kapasitelerine göre hesaplanmış ve cansuyu ile beraber sıvı formda uygulanmıştır. Ayrıca temel gübreleme olarak 250 mg kg^{-1} N, 32.75 mg kg^{-1} P ve 82.65 mg kg^{-1} K olacak şekilde her bir saksıya Amonyum sülfat (NH_4SO_4), Diamonyum fosfat (DAP) ve potasyum sülfat (K_2SO_4) gübreleri uygulanmıştır. Toprakların tarla kapasitesindeki nem miktarı basınç membran aleti kullanılarak Richards (1965) yöntemine göre yapılmıştır. Tarla kapasitesi ve solma noktası belirlenen toprağın bitkiye yarayışlı su miktarı bulunmuştur. Daha sonra toprak örneklerinde % nem analizi yapılarak toprağın mevcut nem durumu belirlenmiştir. Deneme saksıları hergün tartılarak evapotranspirasyon ile kaybedilen su miktarı saksılara ilave edilmiştir. Ayrıca bitki çıkışlarından sonra her 10 günde bir nem yüzdeleri belirlenerek bitki ağırlıkları bulunmuş ve bitki ağırlığı kadar su saksılara eklenmiştir.

Deneme, tohumun çıkışından hasada kadar iklim odasında kontrol altında tutulmuştur. Çalışma sonuna kadar saf su kullanılmış, sulama ve diğer bakım işlemleri özenle yapılmıştır. Denemenin 5. haftası başlangıcında tekrar azot gübrelemesi (100 mg kg^{-1} N) yapılmış ve sulama suyu ile birlikte uygulanmıştır. Deneme 6 hafta sonra sonlandırılmıştır ve bitkiler kökleriyle birlikte bütün olarak çıkartılarak kökler ayrıldıktan sonra yeşil aksamdan enzim analizlerinde kullanılmak üzere kesitler alınıp -

80° C’ de derin dondurucuda saklanmıştır. Çerezlik bal kabağı bitkisinde; denemede selenyum uygulamaların kuraklık koşullarında vejetatif gelişme üzerine etkilerini ortaya koymak amacıyla, tohum çimlenme oranı ve çıkış hızı, gövde çapı, bitki boyu, kök boyu, kök hacmi, yaprak alanı, bitki ve kökte kuru ağırlık gibi verim kriterlerinin yanında bitkinin kuraklıktan etkilenme düzeyini belirlemek için 0-5 skalası ile değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca bazı önemli antioksidant enzimlerinin analizi yapılmıştır.

3.2.1.Deneme planı

Deneme aşağıda şematik olarak ifade edildiği şekilde her bir çeşit için tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak toplam 72 adet saksıda yürtülmüştür.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan uygulamaların isimlendirilmesi

Kuraklık uygulamaları	Selenyum dozları	Varyeteler
K_0: %100 BYS	Se_0: Selenyum 0 ppm	$Ç_1$: birinci çeşit
K_1: %60 BYS	Se_1: Selenyum 1 ppm	(LATİNCE)
K_2: %30 BYS	Se_2: Selenyum 2 ppm	$Ç_2$: ikinci
	Se_3: Selenyum 4 ppm	çeşit(LATİNCE)

Çizelge 3.3. Deneme desenin tasarımı

$K_0Se_0Ç_1$	$K_0Se_0Ç_2$	$K_1Se_0Ç_1$	$K_1Se_0Ç_2$	$K_2Se_0Ç_1$	$K_2Se_0Ç_2$
$K_0Se_1Ç_1$	$K_0Se_1Ç_2$	$K_1Se_1Ç_1$	$K_1Se_1Ç_2$	$K_2Se_1Ç_1$	$K_2Se_1Ç_2$
$K_0Se_2Ç_1$	$K_0Se_2Ç_2$	$K_1Se_2Ç_1$	$K_1Se_2Ç_2$	$K_2Se_2Ç_1$	$K_2Se_2Ç_2$
$K_0Se_3Ç_1$	$K_0Se_3Ç_2$	$K_1Se_3Ç_1$	$K_1Se_3Ç_2$	$K_2Se_3Ç_1$	$K_2Se_3Ç_2$



Şekil. 3.1. Deneme deseninin genel görünümü.

3.2.2. Toprak örneklerinedeki fiziksel ve kimyasal analizler

Toprak tekstürü Bouyoucous hidrometre yöntemi ile, toprak reksiyonu 1:2,5 toprak safsu karışımında pH metre ile, tuz içeriği saturasyon çamurunda elektriksel kondaktivitemetreyle ölçülerek, kireç Scheibler kalsimetresiyle, organik madde Modifiye Walkey Black yöntemi ile, azot Kjeldahl yöntemi ile, alınabilir fosfor sodyum bikarbonat yöntemi ile, değişebilir potasyum ise 1N amonyum asetat ile atomik absorbsiyon spektrofotometresi ile; sırası ile Bouyoucous (1951), Jackson (1958), Richards (1954), Ülgen ve Yurtsever (1995), Walkey-Black (1947), Kacar (1994), Olsen ve ark. (1954) ve Thomas (1982) tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır.

3.2.3. Bitki örneklerindeki fiziksel ölçümler

3.2.3.1. Tohum çimlenme oranı ve çıkış hızı

Çimlenme oranı ve hızı araştırmada kullanılan tohum partilerinin, ekimleri sırasında ekim tarihinden itibaren 10 gün boyunca günlük olarak hipokotilin toprak yüzeyinde göründüğü fideler sayılarak bu değerler toplam çıkış oranı olarak verilmiştir. Çıkış hızı Ellis ve Barrett (1994)'e göre hesaplanmıştır. Yapılan denemeler sonunda elde edilen çimlenme değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki formüle göre çimlenme hızları hesaplanmıştır.

$$\textbf{Çı}\boldsymbol{k}\textbf{ış }\boldsymbol{h}\textbf{ızı} = \frac{\Sigma\text{n (Sayımın yapıldığı gün çimlenen tohum s.) x d (Sayımın yapıldığı gün)}}{\Sigma\text{n (Toplam çimlenmiş tohum sayısı)}}$$

3.2.3.2. Kuraklık hasarı skalası (0-5)

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek amacıyla bir skala oluşturulmuştur. Bunun için zararlanma derecesine göre bitkilere 0-5 arasında puan verilmiştir. Kuraklığa tolerans denemesinde ise aşağıda belirtilen semptomlara göre 0'dan 5'e kadar puan verilmiştir (Kuşvuran, 2010)

0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri)

1: Büyümede yavaşlama (Kontrol bitkilerine göre)

2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı

3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk

4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı

5: Bitkilerde solma ve alt yapraklarda kuruma

3.2.3.3. Yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkların belirlenmesi (g/bitki)

Hasat edilen bitkilerde yeşil aksam hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra aynı örnekler 70º C etüvde 48 saat süreyle sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.3.4. Kök yaş ve kuru ağırlıkların belirlenmesi (g/bitki)

Bitki kökleri hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Aynı örnekler 70º C etüvde 48 saat süreyle kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları bulunmuştur.

3.2.3.5. Bitki boyu ve çapının belirlenmesi (cm/bitki- cm/bitki)

Bitki boyu kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge, cm (± 0.5) cinsinden metre ile ölçülerek belirlenmiştir. Gövde çapı sayısal dijital kumpas yardımı ile cm (± 0.1) olarak ölçülmüştür.

3.2.3.6. Yaprak sayısı ve yaprak alanının belirlenmesi (adet/bitki-cm^2/bitki)

Deneme sonunda hasat edilen çerezlik kabak bitkilerinde yaprak sayısı bitkinin üzerindeki tüm yaprakların sayılması ile adet/bitki olarak, yaprak alanı ise her bitkide seçilen 3 adet yaprağın yaprak alan ölçer aleti kullanılarak cm^2/bitki olarak belirlenmiştir.

3.2.3.7. Kök boyunun ve kök hacminin belirlenmesi (cm/bitki – cm^3/ bitki)

Bitkide kök boğazından kök ucuna kadar olan bölge cm (± 0.5) cinsinden metre ile ölçülmüştür. Her saksıdan elde edilen köklerin tamamı dereceli ve içi su dolu ölçü kabına konarak, taşırdığı su miktarına göre toplam kök hacmi tespit edilmiştir.

3.2.4.Biyokimyasal parametrelerin ölçümü

3.2.4.1.Enzim ekstraktlarının hazırlanması

Antioksidan enzimlerin ekstraksiyonu için derin dondurucuda saklanmış olan yapraklar, soğutulmuş havanda 0,5 gr yaprak örnekleri sıvı azotta %2 w/v polyvinylpolyprrolidone (PVPP) ve 1 mM EDTA içeren pH 7,8' de 50 mM Na-fosfat tamponuyla homojenize edilmiştir. Filtrasyon sonrası + 4° C' de, 14 000 rpm'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant, enzim aktivitesi analizlerinde kullanılmıştır. Ekstraksiyon prosedürünün tümü ± 4° C' de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Antioksidan enzimlerin ekstraksiyonu aşamaları.

3.2.4.2.Antioksidan enzim aktivite analizleri

3.2.4.2.1.Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971)' e göre, SOD' un fotokimyasal olarak nitro blue tetrazolium (NBT)' un indirgenmesini inhibe etme yeteneğinin ölçülmesiyle tayin edilmiştir. 3 ml reaksiyon karışımı; 50 mM fosfat tamponu (pH: 7.8), 33µM NBT, 10 mM L-metionin, 0.66 mM EDTA Na2, 0.0033 mM riboflavin içermektedir. Süpernatant seyreltildikten sonra karışım 45 dk 300 µmol m^{-2s-1} ışık şiddeti altında bekletildi. Daha sonra reaksiyon karışımının 560 nm' de verdiği absorbans değerleri okunmuştur. SOD için 1 enzim birimi; ışıkla indirgenmenin % 50 engellenmesine neden olan protein miktarı (mg) olarak tanımlandığından yaprak örneklerindeki SOD aktiviteleri buna göre belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi.

3.2.4.2.2. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz enzim aktivitesinin belirlenmesi, Bergmeyer (1970)' in metoduna göre gerçekleştirilmiştir. H_2O_2' in miktarında oluşan azalma, 240 nm' de gösterdiği maksimum absorbanstaki düşüşle belirlenmiştir. 1ml' lik son hacme sahip kuvartz küvetlerdeki reaksiyon karışımı; 0.1 mM EDTA, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH: 7), deiyonize su ve %0.3 H_2O_2 den oluşmaktadır. Reaksiyon boyunca absorbansta oluşan düşüş 180 sn boyunca takip edilmiştir. CAT aktivitesi, dakikada harcanan μmol H_2O_2 olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.4. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi.

3.2.4.2.3. Glutatyon peroksidaz (GSH-Px; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesinin belirlenmesi

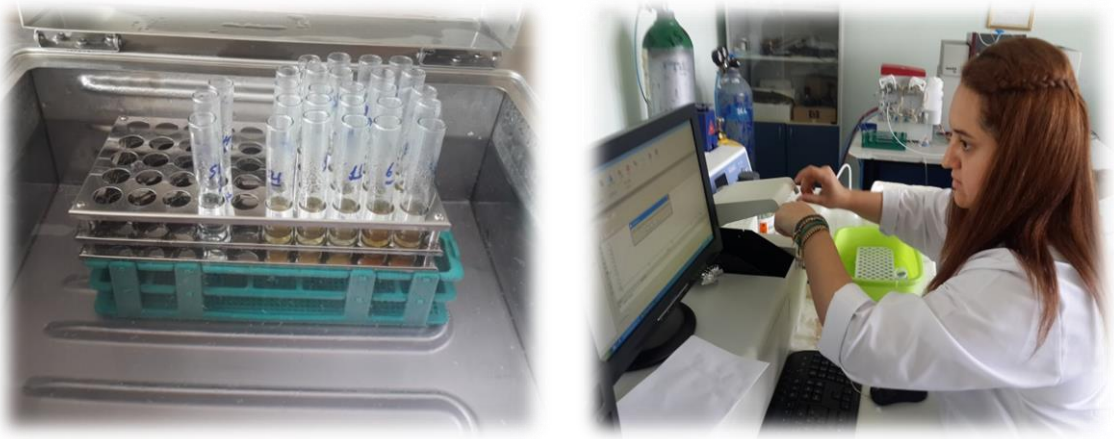
Glutatyon peroksidaz (GSH-Px, EC 1.11.1.7) aktivitesi Quessada ve Macheix (1984)' e göre belirlenmiştir. 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.1), 6.25 mM glutatyon ve 25 µM H_2O_2 içeren 1 ml' lik reaksiyon karışımına, 10 µL enzim ekstraktının eklenmesiyle reaksiyon başlatılmış ve 470 nm' de olusan absorbans artışı, 2 dakika boyunca 25° C sıcaklıkta spektrofotometrik olarak izlenmiştir (26.6 mM^{-1} cm^{-1}). 1 birim GSH-Px aktivitesi, dakikada 1 µmol H_2O_2 i tüketen enzim miktarı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.5. Glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesinin belirlenmesi.

3.2.4.2.4.Lipit peroksidasyonun belirlenmesi

Lipit peroksidasyonunun belirlenmesi TBAR reaksiyonu sonucu oluşan malondialdehit (MDA) miktarının belirlendiği Madhava Rao ve Sresty' nin (2000) tanımladığı yönteme göre yapılmıştır. Aktivite için 532-600 nm aralığında absorbans değişimlerine bakılmıştır.



Şekil 3.6. Lipit peroksidasyonun (MDA) belirlenmesi.

3.3. İstatiksel Analizler

Denemede elde edilen verilerin varyans analizinde SPSS paket programı kullanılmış ve etkileri önemli bulunan uygulamalara ait tüm ortalamalar ‘‘Duncan Çoklu Karşılaştırma’’ testine göre gruplandırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İncelenen Özelliklere Ait Bulgular

Selenyum uygulamalarının kuraklık stresi altındaki farklı çerezlik kabak çeşitlerinde bazı bitki gelişim kriterlerine ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları tezin ek kısmında verilmiştir.

4.1.1. Çimlenme parametreleri

4.1.1.1. Çimlenme oranı

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) kabak çeşitlerinde çimlenme oranına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranı üzerine etkisi, (%)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
	K0	67.00	83.00	67.00	58.00	69.00
Ç1	K1	42.00	83.00	50.00	75.00	62.00
	K2	75.00	42.00	58.00	67.00	61.00
Se	ort.	61.00	69.00	58.00	67.00	64.00
	K0	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00
Ç2	K1	100.00^{a}	100.00^{a}	92.00^{ab}	83.00^{abc}	94.00
	K2	100.00^{a}	67.00^{c}	83.00^{abc}	75.00^{bc}	81.00
Se	ort.	100.00	89.00	92.00	86.00	92.00

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
**Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

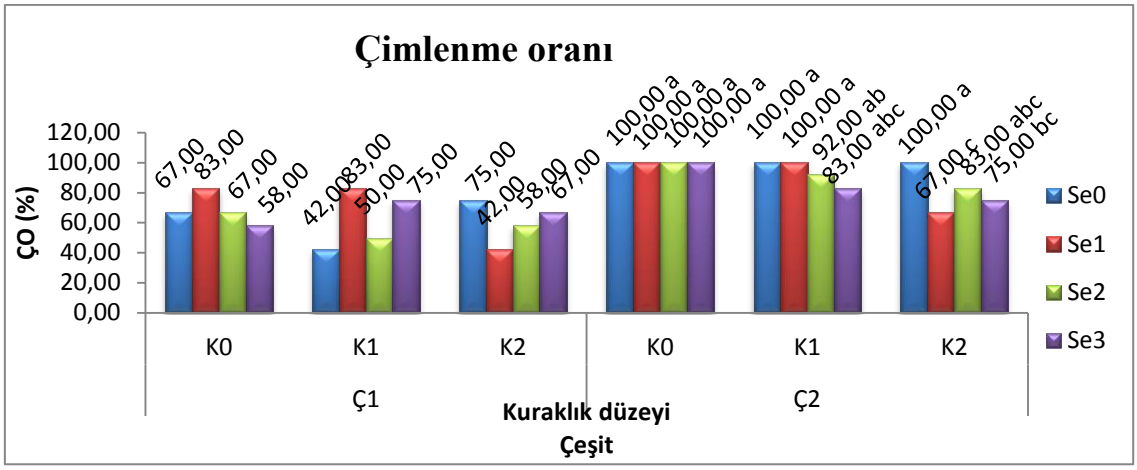
Kuraklık düzeylerinin her iki çeşitte de çimlenme oranına etkisi istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Birinci çeşitte (Ç1) en yüksek çimlenme oranı %100 BYS ortamında yani K0 düzeyinde %69 olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde kuraklığa ikinci çeşitte (Ç2) de çimlenme oranı %100 olarak K0 düzeyinde belirlenmiştir. Çimlenme oranına ilişkin en düşük değerler ise K2 kuraklık düzeyinde

birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitler için sırasıyla %61 ve %81 olarak belirlenmiştir. Kuraklığa ikinci çeşidin (Ç2) çimlenme oranı ortalaması %92 olarak birinci çeşidin (Ç1) çimlenme oranı ortalamasından daha yüksek bulunmuştur. Kuraklık seviyesi arttıkça her iki çeşitte de çimlenme oranında azalma olmuştur (Çizelge 4.1).



Şekil 4.1 *Cucurbita pepo* L. çeşitlerinde çimlenme ve ilk fide döneminin görünümleri.

Selenyum uygulamalarının çimlenme oranına etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmamış, ancak Duncan çoklu karşılaştırma testine göre kuraklığa dayanıklı çeşitte (Ç2) çimlenme oranları farklı gruplarda yer almışlardır. Artan selenyum dozları kuraklığa ikinci çeşitte (Ç2) çimlenme oranında azalmaya neden olmuştur. Selenyum uygulamaları dikkate alındığında en yüksek çimlenme oranı Se0 dozunda %100 olarak elde edilirken, en düşük çimlenme oranı %86 oranında Se3 dozunda belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) elde edilen çimlenme oranları, birinci çeşit olan (Ç1) çeşitte elde edilen çimlenme oranlarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.1).



Şekil 4.2. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranına etkileri, (%).

İnteraksiyonların etkisi incelendiğinde, çimlenme oranları arasında istatistiksel anlamda önemli bir farklılık bulunmamasına rağmen, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirildiğinde farklı gruplarda yer almışlardır. En yüksek çimlenme oranı birinci çeşitte (Ç1); Se1 dozunda K0 ve K1 kuraklık düzeylerinde %83 olarak, ikinci çeşitte (Ç2); K0 kuraklık düzeyinde bütün selenyum dozlarında, K1 kuraklık düzeylerinde, Se0 dozlarında ve ayrıca K1Se1 dozunda %100 olarak elde edilmiştir. En düşük çimlenme oranı ise birinci çeşitte (Ç1) Se1 dozunda K2 kuraklık düzeyinde %42 olarak, ikinci çeşitte (Ç2) de %67 oranında Se1 dozunda K2 kuraklık düzeyinde belirlenmiştir (Şekil 4.2).

4.1.1.2. Çimlenme hızı

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde çerezlik kabak çeşitlerinin çimlenme hızlarına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.2' de verilmiştir.

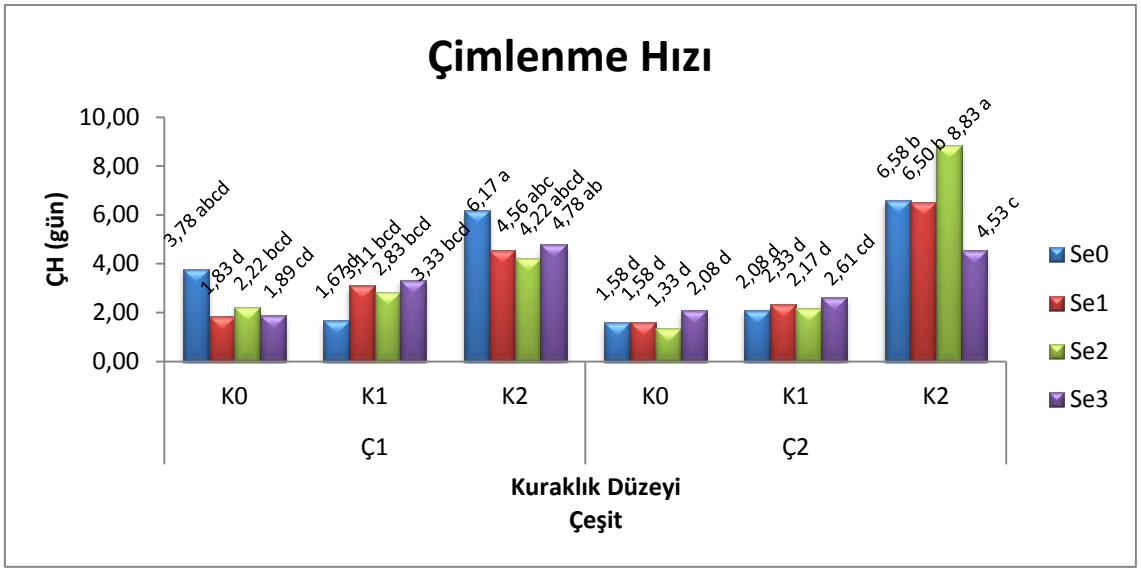
Çizelge 4.2. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızı üzerine etkisi, (gün)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	3.78^{abcd}	1.83^{d}	2.22^{bcd}	1.89^{cd}	2.43^{b}
	K1	1.67^{d}	3.11^{bcd}	2.83^{bcd}	3.33^{bcd}	2.74^{b}
	K2	6.17^{a*}	4.56^{abc}	4.22^{abcd}	4.78^{ab}	4.93^{a}
Se ort.		3.87	3.17	3.09	3.33	3.37
Ç2	K0	1.58^{d}	1.58^{d}	1.33^{d}	2.08^{d}	1.65^{b}
	K1	2.08^{d}	2.33^{d}	2.17^{d}	2.61^{cd}	2.30^{b}
	K2	6.58^{b}	6.50^{b}	8.83^{a}	4.53^{c}	6.61^{a}
Se ort.		3.42	3.47	4.11	3.07	3.52

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık seviyelerinin her iki çeşitte de çimlenme hızında istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişim meydana getirdiği belirlenmiştir. Denemede kuraklık seviyeleri artarken her iki çeşitte de çimlenme azalmıştır. Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte, en kısa çimlenme hızı K0 düzeyinde sırasıyla 2.43 gün ve 1.65 gün olarak belirlenmiştir. En uzun çimlenme hızları ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K2 kuraklık düzeyinde sırasıyla 4.93 gün ve 6.61 gün olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Selenyum uygulamalarının çimlenme hızına etkisi birinci çeşitte (Ç1) %1 düzeyinde önemli bulunurken, ikinci çeşitte (Ç2) ise ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre değerlendirildiğinde farklı gruplarda yer aldıkları belirlenmiştir. Denemede artan selenyum dozları ile çimlenme hızında artış olduğu belirlenmiştir. Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde en hızlı çimlenmeler sırasıyla Se2 dozunda 3.09 gün ve Se3 dozunda 3.07 gün olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.2).



Şekil 4.3. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızına etkileri, (gün).

Şekil 4.3' te izlendiği gibi, interaksiyonların etkisi dikkate alındığında, birinci çeşitte (Ç1) en hızlı çimlenme K1Se0 dozunda 1.67 gün olarak, ikinci çeşitte (Ç2) ise K0Se2 dozunda 1.33 gün olarak bulunmuştur. K2 kuraklık düzeyinde de Se3 dozunun çimlenme hızı üzerine Se0 dozuna kıyasla olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.

Bu araştırmada, artan kuraklık düzeyiyle çimlenme oranında ve yüzdesinde belirlenen azalmalar ve çeşitler arasında çimlenme oranı ve yüzdesi bakımından ortaya çıkan farklılıklar sunulan literatür bilgileri ile uyum sağlamaktadır.

Tohum çimlenme oranı veya çimlenme yüzdesi absorbe edilen suyun miktarına bağlı olduğu kadar ozmotik stres düzeyinin yükselmesiyle de ilişkilidir (Heikal ve ark., 1981). Tohumların çimlenebilmesi için ağırlıklarının en az %50' si kadar suyu topraktan almaları gerektiği bildirilmiştir (Şimşek ve ark., 2001). Lui ve Guo (1987) soya bitkisinde kuraklık stresi ile ilgili yapmış oldukları çalışmada, kuraklığa dayanıklılık düzeyindeki azalma ile birlikte çimlenme oranında da azalma olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde kuraklığa dayanıklı çeşitlerin çimlenme oranının kurak koşullarda birinci çeşit çeşitlerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Kuraklığa dayanıklı türler genel olarak antioksidant enzim aktivitelerini arttırmak yolu ile kendilerini kuraklık stresinden korumak için daha iyi kapasiteye sahiptirler (Sekmen ve ark., 2007; Turkan ve ark., 2005; Wang ve ark., 2009; Almagrabi, 2014). Artan kuraklık

düzeyiyle çimlenme oranında azalma olduğu Gürbüz ve ark. (2009) ve Zeid ve Shedeed (2006) tarafından da belirlenmiştir.

Kuraklık stresinin çimlenme hızını olumsuz olarak etkilediği, Gürbüz ve ark. (2009), nohut bitkisinde yapmış oldukları benzer çalışmada belirlenmiştir. Kuraklığın çimlenme özelliği üzerine olumsuz etkileri Saxena ve ark. (1993) tarafından da bildirilmiştir.

Bu araştırmada, artan selenyum dozlarıyla çimlenme oranında ve yüzdesinde belirlenen azalmalar ve çeşitler arasında çimlenme oranı ve yüzdesi bakımından ortaya çıkan farklılıklar sunulan literatür bilgileri ile uyum sağlamaktadır.

Selenyum uygulamalarının çimlenme oranı üzerine etkileri önemli bulunmamıştır. Benzer konudaki araştırmalarda, yüksek dozda selenyum uygulamalarının (>2 mg kg^{-1}) verim kriterlerini istatiksel anlamda önemli düzeyde etkilemediğini bildirilmiştir (Yao ve ark., 2009a; b).

Çizelge 4.1 incelendiğinde, artan selenyum dozlarının ikinci çeşitte K0 kuraklık düzeyinde çimlenme oranında bir değişim meydana getirmediği halde, K1 ve K2 kuraklık düzeylerinde çimlenme oranında azalmaya neden olduğu izlenmektedir. Bu araştırmada artan selenyum dozlarının çalışılan bitki materyalinde çimlenme oranı üzerine olumlu etkisi belirlenmemiştir. Farklı selenyum uygulamalarının, her iki çeşitte de çimlenme oranında meydana getirdiği değişimlerin araştırmada kullanılan bitkisel materyalin genetik özelliğinden ve selenyum dozlarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu araştırmada her iki çeşitte de K2 kuraklık düzeyinde ve Se0 uygulamasında, çimlenme oranının %100 elde edilmesine karşın Se dozları arttıkça çimlenme oranının sırası ile Se1, Se2 ve Se3 dozlarında %67, %83 ve %75 olarak bulunması yüksek dozda selenyum uygulamalarının çimlenme oranını olumsuz olarak etkilediğini ortaya koymuştur.

Selenyumun soya fasulyesinde çimlenme oranına etkisi üzerine yapılan benzer araştırmada 0.05 mg kg^{-1} selenyum dozunun çimlenme oranı üzerine olumlu etki yaptığı, fakat yüksek konsantrasyonlarda uygulandığında selenyumun dezavantajlarının bulunduğu bildirilmiştir (Feng ve ark., 2013).

Selenyum uygulamalarının düşük dozlarda (0.1 mg kg^{-1}) bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu Xue ve ark. (2001) tarafından marulda ve 0.05 mg kg^{-1} selenyum

uygulamalarının buğdayda kuraklık stresi üzerine olumlu etkilerinin olduğu Yao ve ark. (2009a) tarafından bildirilmiştir. Selenyum uygulamalarının bitkilerin gelişimleri üzerine olumlu etkilerinden dolayı bu çalışmada da artan selenyum dozları ile çimlenme hızlarında artış meydana geldiği belirlenmiştir.

4.1.2. Bitki gelişim kriterleri

4.1.2.1. Bitki boyu

Farklı selenyum ve kuraklık düzeylerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çerezlik kabak çeşitlerinde bitki boyuna etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.3' te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyu üzerine etkisi, (cm)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	16.80^{ab}	17.73^{a}	18.37^{a}	14.70^{b}	16.90^{a}
	K1	14.13^{bc}	10.87^{de}	10.57^{de}	11.63^{cd}	11.80^{b}
	K2	8.20^{ef}	7.00^{f}	7.97^{ef}	10.73^{ed}	8.48^{c}
Se ort.		13.04	11.87	12.30	12.36	12.39
Ç2	K0	30.77^{a}	26.77^{ab}	31.10^{a}	28.50^{a}	29.28^{a}
	K1	19.07^{cd}	21.40^{cb}	26.00^{ab}	15.87^{cd}	20.58^{b}
	K2	12.03^{d}	12.80^{d}	15.23^{cd}	14.90^{cd}	13.74^{c}
Se ort.		20.62^{ab}	20.32^{ab}	24.11^{a}	19.76^{b}	21.20

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık seviyeleri her iki çeşitte de bitki boyunda istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirmiştir. En yüksek bitki boyu ortalamaları, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitler için K0 düzeyinde sırası ile 16.90 cm ve 29.28 cm olarak elde edilmişlerdir. Bitki boyuna ilişkin en düşük ortalamalar ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitler için K2 kuraklık düzeyinde sırasıyla 8.48 cm ve 13.74 cm olarak belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) bitki boyu ortalaması 21.20 cm olarak, birinci çeşidin (Ç1) bitki boyu ortalamasından daha yüksek bulunmuştur. Birinci çeşitte (Ç1) ise bitki boyu ortalaması 12.39 cm olarak elde edilmiştir. Artan kuraklık düzeyleri bitki boyunda her iki çeşitte de azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4.3).

Selenyum uygulamalarının bitki boyuna etkisi birinci çeşitte (Ç1) %5 düzeyinde önemli bulunurken, ikinci çeşitte (Ç2) önemli bir değişim meydana getirmemiştir. Selenyum uygulamaları incelendiğinde birinci çeşitte (Ç1) en yüksek bitki boyu Se0 dozunda 13.04 cm olarak elde edilirken, en düşük bitki boyu 11.87 cm olarak Se1 dozunda belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) ise en yüksek bitki boyu Se2 dozunda 24.11 cm olarak, en düşük bitki boyu ise 19.76 cm olarak Se3 dozunda elde edilmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) elde edilen bitki boyu ortalamaları birinci çeşit olan çeşitte (Ç1) elde edilen bitki boyu ortalamalarına kıyasla daha yüksek olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu çalışmada artan selenyum dozları bitki gelişim kriterlerinde genel olarak azalma meydana getirmiştir.



Şekil 4.4. Farklı kuraklık düzeylerinde Se0 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri.



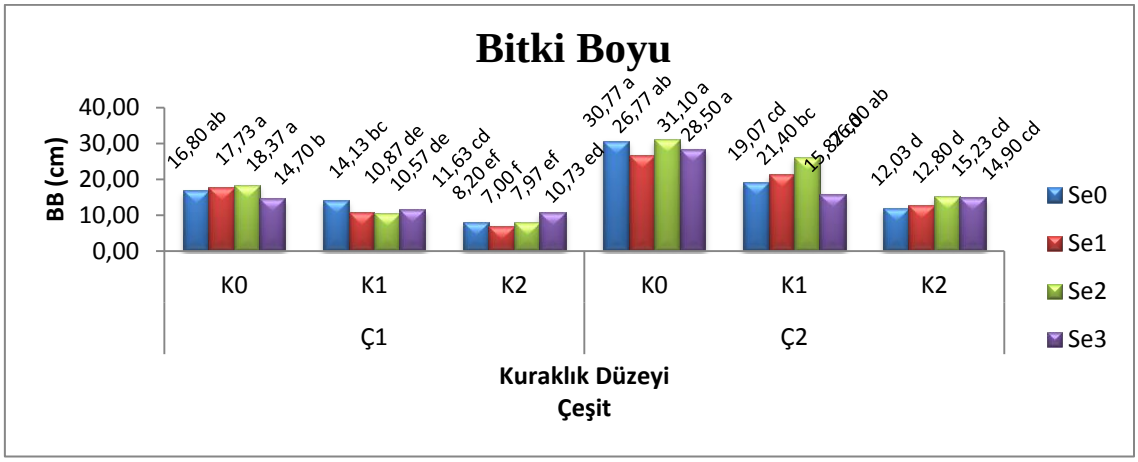
Şekil 4.5. Farklı kuraklık düzeylerinde Se1 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri.



Şekil 4.6. Farklı kuraklık düzeylerinde Se2 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri.



Şekil 4.7. Farklı kuraklık düzeylerinde Se3 dozunun iki çeşitte bitki boyları üzerine etkileri.



Şekil 4.8. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyuna etkileri, (cm).

Kuraklık selenyum interaksiyonlarının etkisi birinci çeşitte (Ç1) %1 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. En yüksek bitki boyu, birinci (Ç1) ve ikinci çeşitte (Ç2) K0Se2 dozunda sırasıyla 18.37 cm ve 31.10 cm olarak belirlenmiştir. En düşük bitki boyları incelendiğinde ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırasıyla K2Se1 ve K2se0 dozlarında 7.00 cm ve 12.03 cm olarak bulunmuştur (Şekil 4.8).

4.1.2.2. Yeşil aksam yaş ağırlığı

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde iki farklı çerezlik kabak çeşidinde yeşil aksam yaş ağırlığına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.4' te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığı üzerine etkisi, (g)

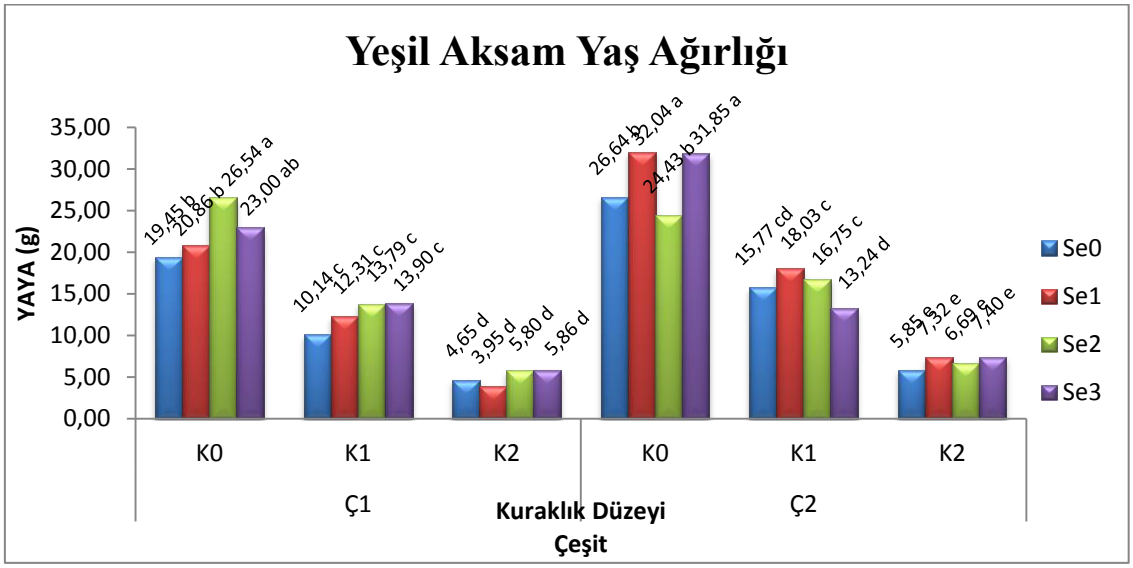
Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	19.45^{b}	20.86^{b}	26.54^{ab}	23.00^{a}	22.46^{a}
	K1	10.14^{c}	12.31^{c}	13.79^{c}	13.90^{c}	12.54^{b}
	K2	4.65^{d}	3.95^{d}	5.80^{d}	5.86^{d}	5.07^{c}
Se ort.		11.41^{c}	12.37^{bc}	15.37^{a}	14.26^{ab}	13.35
Ç2	K0	26.64^{b}	32.04^{a}	24.43^{b}	31.85^{a}	28.74^{a}
	K1	15.77^{cd}	18.03^{c}	16.75^{c}	13.24^{d}	15.95^{b}
	K2	5.85^{e}	7.32^{e}	6.69^{e}	7.40^{e}	6.82^{c}
Se ort.		16.09^{b}	19.13^{a}	15.95^{b}	17.50^{ab}	17.17

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
* *Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık seviyelerinde her bir çeşitte de yeşil aksam yaş ağırlığında istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler belirlenmiştir. En yüksek yeşil aksam yaş ağırlıkları birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K0 düzeyinde sırasıyla 22.46 g ve 28.74 g olarak elde edilmiştir. Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde en düşük yeşil aksam yaş ağırlıkları ise K2 kuraklık düzeyinde sırasıyla 5.07 g ve 6.82 g olarak bulunmuştur. Artan kuraklık düzeyleri yeşil aksam yaş ağırlıklarında azalma meydana getirmiştir (Çizelge 4.4).

Farklı selenyum dozlarında her iki çeşitte de yeşil aksam yaş ağırlıklarında istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler belirlenmiştir. Artan selenyum dozları ile yeşil aksam yaş ağırlıklarında artış elde edilmiştir. Yeşil aksam yaş

ağırlıklarına ait en yüksek değerler; birinci çeşitte (Ç1) Se2 dozunda 15.37 g ve ikinci çeşitte (Ç2) Se1 dozunda 19.13 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).



Şekil 4.9. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığına etkileri, (g).

İnteraksiyonlar yeşil aksam yaş ağırlıklarında istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirmiştir. İnteraksiyonların etkisi dikkate alındığında en yüksek ve en düşük yeşil aksam yaş ağırlığı ortalamaları birinci çeşitte (Ç1) sırası ile K0Se2 dozunda 26.54 g ve K2Se1 dozunda 3.95 g olarak belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) ise en yüksek ve en düşük yeşil aksam yaş ağırlığı ortalamaları sırası ile K0Se1 dozunda 32.04 g ve K2Se0 dozunda 5.85 g olarak bulunmuştur (Şekil 4.9).

4.1.2.3. Yeşil aksam kuru ağırlığı

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çerezlik kabak çeşitlerinde yeşil aksam kuru ağırlığına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığı üzerine etkisi, (g)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	2.32^{b}	2.50^{b}	3.18^{a}	2.76^{ab}	2.69^{a}
	K1	1.22^{c}	1.48^{c}	1.66^{c}	1.67^{c}	1.51^{b}
	K2	0.56^{d}	0.48^{d}	0.69^{d}	0.70^{d}	0.61^{c}
Se	ort.	1.37^{c}	1.49^{bc}	1.84^{a}	1.71^{ab}	1.60
Ç2	K0	3.85^{a}	3.20^{b}	2.93^{b}	3.66^{a}	3.41^{a}
	K1	1.89^{cd}	2.17^{c}	2.01^{cd}	1.59^{d}	1.92^{b}
	K2	0.70^{e}	0.88^{e}	0.80^{e}	0.89^{e}	0.82^{c}
Se	ort.	2.15	2.08	1.91	2.05	2.05

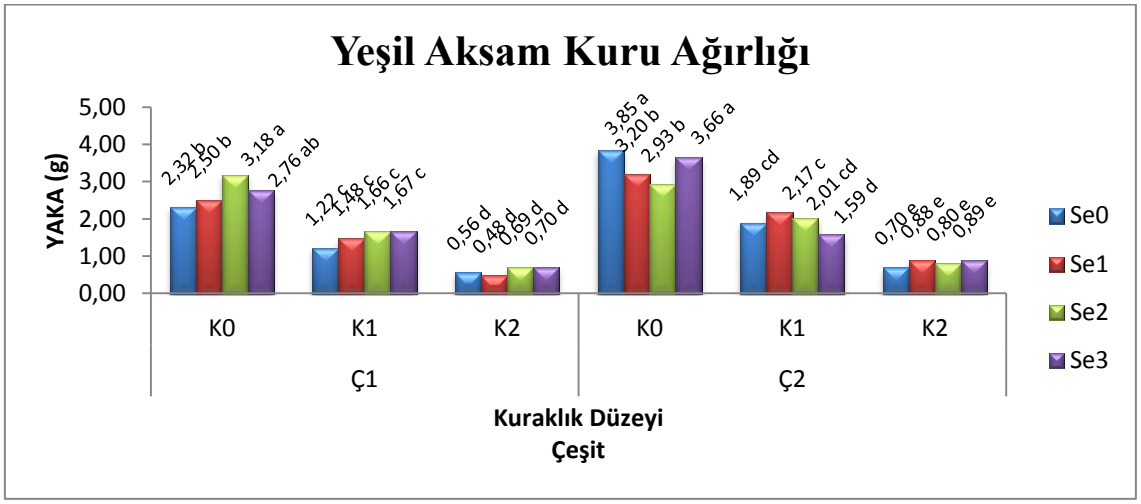
* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
**Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık seviyelerinin her iki çeşitte de yeşil aksam kuru ağırlıklarında istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişim getirdiği belirlenmiştir. Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde en yüksek yeşil aksam kuru ağırlıkları K0 düzeyinde sırasıyla 2.69 g ve 3.41 g olarak bulunmuştur. En düşük yeşil aksam kuru ağırlıkları ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K2 kuraklık düzeyinde sırasıyla 0.61 g ve 0.82 g olarak elde edilmiştir. Her iki çeşitte de yeşil aksam kuru ağırlıklarında kuraklık düzeyi arttıkça azalma olduğu belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) yeşil aksam kuru ağırlıkları ortalaması, birinci çeşidin (Ç1) yeşil aksam kuru ağırlıkları ortalamasına kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5). bu veriler bütün kuraklık seviyelerinde çeşitlerin kuru ağırlıkları arasındaa öenmli farklılıklar olmamasına rağmen kuraklık uygulamalarının kuru ağırlık üzerine etkilerinin her iki çeşitte de aynı düzeyde olduğunu göstermektedir.

Selenyum uygulamaları, birinci çeşitte (Ç1) yeşil aksamın kuru ağırlığını istatiksel anlamda önemli düzeyde (%1) etkilemiştir. Bu çeşitte bütün kuraklık düzeylerinde selenyum uygulamalı ile yeşil aksam kuru ağırlıkları olumlu yönde etkilenerek en yüksek kuru ağırlık değerleri Se2 (3.18, 1.66, 0.69 g) ve Se3 (2.76, 1.67, 0.70 g) uygulamaalrında, en düşük kuru ağırlık ortalamaları Se0 (2.32, 1.22, 0.56 g) uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

İkinci çeşitte (Ç2) ise selenyum uygulamalarının yeşil aksam kuru ağırlığına etkisi kuraklık seviyesine bağlı olarak değişmiştir (Çizelge 4.5), bu çeşitte en yüksek yeşil aksam kuru ağırlığı K0 kuraklık düzeyinde Se0 (3.85 g) ve Se3 (3.66 g)

uygulamalrında ve en düşük kuru ağırlık K0 kuraklık düzeyinde Se0 (0.70 g) uygulamasında elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığına etkileri, (g).

İnteraksiyonların etkisi dikkate alındığında, ikinci çeşitte (Ç2) uygulamalar arasında %1 oranında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar belirlenmiştir. Birinci çeşitte (Ç1), en yüksek yeşil aksam kuru ağırlığı K0Se2 uygulamasında 3.18 g olarak, en düşük yeşil aksam kuru ağırlığı ise 0.48 g olarak K2Se1 uygulamasında elde edilmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) ise en yüksek ve en düşük yeşil aksam kuru ağırlığı ortalamaları sırası ile K0Se0 uygulamasında 3.85 g ve K2Se0 uygulamasında ise 0.70 g olarak bulunmuştur (Şekil 4.10).

4.1.2.4. Yaprak sayısı

Farklı selenyum uygulamalarının kuraklık stresi altındaki çerezlik kabak çeşitlerinde yaprak sayısına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

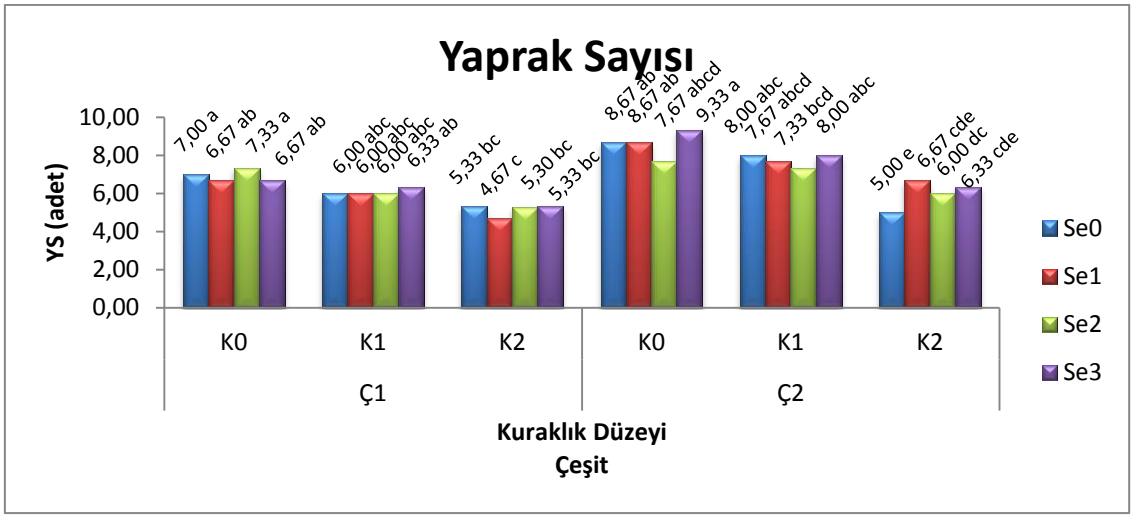
Çizelge 4.6. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısı üzerine etkisi, (adet)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	7.00^{a}	6.67^{ab}	7.33^{a}	6.67^{ab}	6.92^{a}
	K1	6.00^{abc}	6.00^{abc}	6.00^{abc}	6.33^{ab}	6.08^{b}
	K2	5.33^{bc}	4.67^{c}	5.33^{bc}	5.33^{bc}	5.17^{c}
Se ort.		6.11	5.78	6.22	6.11	6.06
Ç2	K0	8.67^{ab}	8.67^{ab}	7.67^{abcd}	9.33^{a}	8.58^{a}
	K1	8.00^{abc}	7.67^{abcd}	7.33^{bcd}	8.00^{abc}	7.75^{a}
	K2	5.00^{e}	6.67^{cde}	6.00^{dc}	6.33^{cde}	6.00^{b}
Se ort.		7.22	7.66	7.00	7.88	7.44

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Kuraklık düzeylerinin kabak çeşitlerinin yaprak sayılarına etkileri istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kuraklık düzeyleri artarken yaprak sayılarında azalma olduğu belirlenmiştir. En yüksek yaprak sayıları ortalamaları, K0 düzeyinde birinci çeşitte (Ç1) 6.92 adet ve ikinci çeşitte (Ç2) 8.58 adet olarak belirlenmiştir. En düşük yaprak sayıları ortalamaları ise K2 kuraklık düzeyinde birinci çeşitte (Ç1) 5.17 adet ve ikinci çeşitte (Ç2) 6.00 adet olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Selenyum uygulamaları yaprak sayısında istatiksel anlamda önemli bir değişim meydana getirmemiş ancak farklı uygulamalarda elde edilen yaprak sayıları ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklı gruplarda yer almışlardır. Selenyum uygulamaları dikkate alındığında yaprak sayıları ortalamaları 7.00 -7.88 adet aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.6).



Şekil 4.11. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısına etkileri, (adet).

İnteraksiyonların yaprak sayıları üzerine etkileri istatiksel anlamda önemli bulunmamıştır. En yüksek yaprak sayıları ortalamaları K0 düzeyinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerinde sırası ile Se2 ve Se3 dozlarında 7.33 adet ve 9.33 adet olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11).

4.1.2.5. Yaprak yüzey alanı

Selenyum dozlarının farklı kuraklık streslerinde çerezlik kabak çeşitlerinin yaprak yüzey alanına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

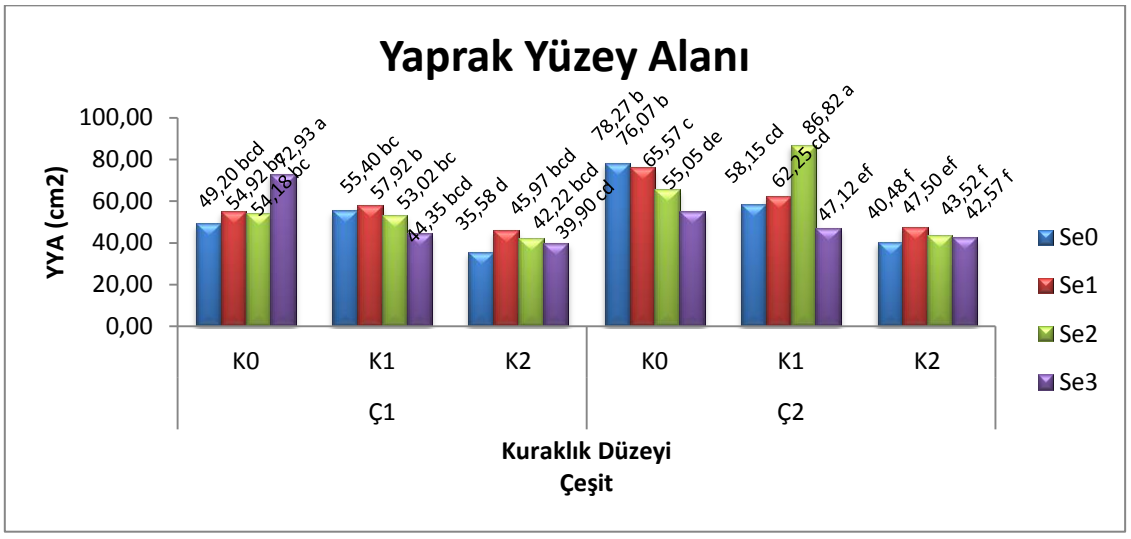
Çizelge 4.7. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak yüzey alanı üzerine etkisi, (cm^2)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	49.20^{bcd}	54.92^{bc}	54.18^{bc}	72.93^{a}	57.81^{a}
	K1	55.40^{bc}	57.92^{b}	53.02^{bc}	44.35^{bcd}	52.67^{a}
	K2	35.58^{d}	45.97^{bcd}	42.22^{bcd}	39.90^{cd}	40.92^{a}
Se ort.		46.73	52.93	49.81	52.39	50.47
Ç2	K0	78.27^{b}	76.07^{b}	65.57^{c}	55.05^{de}	68.74^{a}
	K1	58.15^{cd}	62.25^{cd}	86.82^{a}	47.12^{ef}	63.68^{b}
	K2	40.48^{f}	47.50^{ef}	43.52^{f}	42.57^{f}	43.52^{c}
Se ort.		58.97^{b}	62.07^{ab}	65.30^{a}	48.24^{c}	58.65

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Çizelge 4.7 incelendiğinde kuraklık düzeylerinin çerezlik kabak çeşitlerinin yaprak yüzey alanlarında istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli anlamda değişim meydana getirdiği belirlenmiştir. Artan kuraklık düzeyleri, yaprak yüzey alanlarında azalmaya neden olmuştur. Yaprak yüzey alanlarına ilişkin en yüksek ortalamalar birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerinde K0 düzeyinde sırası ile 57.81 cm^2 ve 68.74 cm^2 olarak belirlenmiştir. Yaprak yüzey alanlarına ilişkin en düşük ortalamalar birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerinde K2 kuraklık düzeyinde sırası ile 40.92 cm^2 ve 43.52 cm^2 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Selenyum uygulamalarının yaprak yüzey alanı üzerine etkisi ikinci çeşitte (Ç2) %1 düzeyinde istatiksel anlamda önemli bulunmuştur. Se3 dozuna kadar artan selenyum dozları uygulamaları yaprak yüzey alanını arttırmıştır. En yüksek yaprak yüzey alanı 63.30 cm^2 olarak Se2 uygulamasında elde edilmiştir. Birinci çeşitte (Ç1) yaprak yüzey alanı ortalamaları, kuraklığa dayanıklı çeşide (Ç2) göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.7).



Şekil 4.12. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak yüzey alanına etkileri, (cm^2).

Kuraklık düzeyi ile selenyum dozu arasındaki interaksiyonlar, her iki çeşitte de yaprak yüzey alanında istatiksel anlamda %1 oranında önemli değişim meydana getirmişlerdir. En yüksek yaprak yüzey alanı ortalamaları birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırası ile K0Se3 uygulamasında 72.93 cm^2 ve K1Se2 uygulamasında 86.82

cm^2 olarak elde edilmiştir. Yaprak yüzey alanına ilişkin en düşük ortalamalar ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K2Se0 dozunda sırası ile 35.58 cm^2 ve 40.48 cm^2 olarak bulunmuştur (Şekil 4.12).

4.1.2.6. Gövde çapı

Farklı selenyum ve kuraklık düzeylerinde çerezlik kabak çeşitlerinin gövde çapına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.8' de verilmiştir.

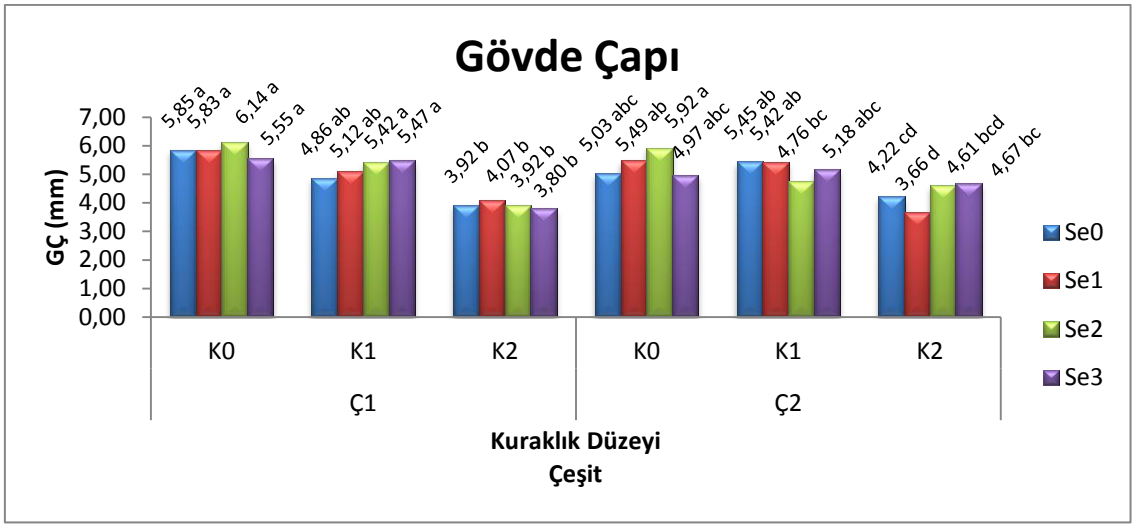
Çizelge 4.8. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapı üzerine etkisi, (cm)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	5.85^{a}	5.83^{a}	6.14^{a}	5.55^{a}	5.84^{a}
	K1	4.86^{ab}	5.12^{ab}	5.42^{a}	5.47^{a}	5.22^{b}
	K2	3.92^{b}	4.07^{b}	3.92^{b}	3.80^{b}	3.93^{c}
Se ort.		4.88	5.00	5.16	4.94	5.00
Ç2	K0	5.03^{abc}	5.49^{ab}	5.92^{a}	4.97^{abc}	5.35^{a}
	K1	5.45^{ab}	5.42^{ab}	4.76^{bc}	5.18^{abc}	5.20^{a}
	K2	4.22^{cd}	3.66^{d}	4.61^{bcd}	4.67^{bc}	4.29^{b}
Se ort.		4.90	4.86	5.09	4.94	4.95

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık düzeylerinin gövde çapında meydana getirdiği değişiklik birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşidin her ikisinde de istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Genel olarak kuraklık düzeyi artarken gövde çapında azalma belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük gövde çapı ortalamaları birinci çeşitte (Ç1) sırası ile K0 düzeyinde 5.84 cm olarak ve K2 kuraklık düzeyinde 3.93 cm olarak belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) ise en yüksek ve en düşük gövde çapı ortalamaları sırası ile K0 düzeyinde 5.35 cm ve K2 kuraklık düzeyinde 4.29 cm olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Farklı selenyum uygulamalarının gövde çapına etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşidine ilişkin ortalamalar değerler sırasıyla 5.00 cm ve 4.95 cm olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Bu araştırmada artan selenyum dozları bitki gelişim kriterlerinde genel olarak azalma meydana getirmiştir.



Şekil 4.13. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapına etkileri, (cm).

Kuraklık düzeyi ve selenyum uygulamalarının interaksiyonlarının gövde çapına etkileri istatiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Ancak Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklı uygulamalara ait gövde çapı ortalamalarının farklı gruplarda yer aldıkları belirlenmiştir (Şekil 4.13).

4.1.2.7. Kök uzunluğu

Selenyum uygulamalarının farklı kuraklık seviyelerinde iki farklı çerezlik kabak çeşidinde kök boyuna etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.9' da verilmiştir.

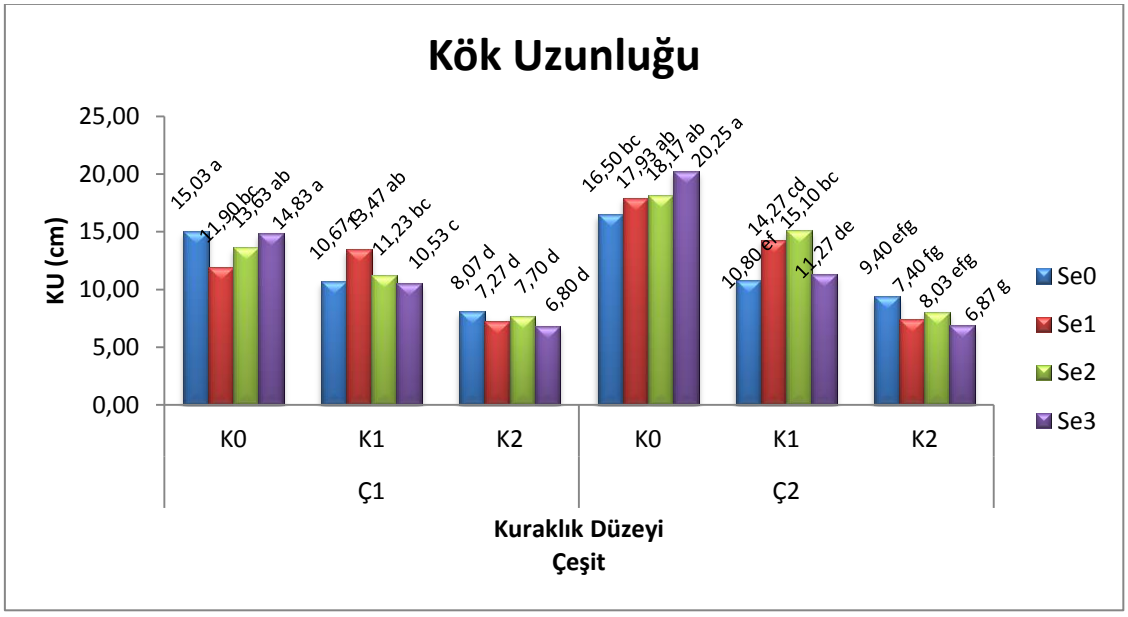
Çizelge 4.9. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğu üzerine etkisi, (cm)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	15.03^{a}	11.90^{bc}	13.63^{ab}	14.83^{a}	13.85^{a}
	K1	10.67^{c}	13.47^{ab}	11.23^{bc}	10.53^{c}	11.48^{b}
	K2	8.07^{d}	7.27^{d}	7.70^{d}	6.80^{d}	7.46^{c}
Se ort.		11.26	10.88	10.86	10.72	10.93
Ç2	K0	16.50^{bc}	17.93^{ab}	18.17^{ab}	20.25^{a}	18.21^{a}
	K1	10.80^{ef}	14.27^{cd}	15.10^{bc}	11.27^{de}	12.86^{b}
	K2	9.40^{efg}	7.40^{fg}	8.03^{efg}	6.87^{g}	7.93^{c}
Se ort.		12.23	13.20	13.77	12.79	13.00

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Çizelge 4.9 incelendiğinde kuraklık düzeylerinin kök uzunluğuna etkisi birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde istatiksel anlamda %1 oranında önemli bulunmuştur. Kuraklık düzeyi artarken her iki çeşitte de kök uzunluğu ortalamalarında azalma belirlenmiştir. En yüksek kök uzunluğu ortalamaları birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K0 düzeyinde sırasıyla 13.85 cm ve 18.21 cm olarak belirlenmiştir. En düşük kök uzunluğu ortalamaları ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K2 kuraklık düzeyinde sırasıyla 7.46 cm ve 7.93 cm olarak bulunmuştur. İkinci çeşidin (Ç2) kök uzunluğu ortalamaları birinci çeşit çeşitten (Ç1) yüksek bulunmuştur.

Selenyum dozlarının kök uzunluğuna etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Farklı dozlarda selenyum uygulamalarında elde dilen kök uzunluğu ortalamaları 12.23 cm ve 13.77 cm aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.9). Artan selenyum dozları bitki gelişim kriterlerinde genel olarak azalma meydana getirmiştir.



Şekil 4.14. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğuna etkileri, (cm).

Kuraklık düzeyi ve selenyum dozlarının intereksiyonların kök uzunluğuna etkisi istatistiksel anlamda birinci çeşitte (Ç1) %1 ve ikinci çeşitte (Ç2) %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Şekil 4.14 incelendiğinde birinci çeşitte (Ç1) en yüksek kök uzunluğu ortalaması K0Se0 uygulamasında 15.03 cm olarak ve ikinci çeşitte (Ç2) ise K0Se3 uygulamasında 20.25 cm olarak elde edilmiştir. Kök uzunluğuna ait en düşük

ortalamalar birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K2Se3 uygulamasında sırası ile 6.80 cm ve 6.87 cm olarak bulunmuştur.

4.1.2.8. Kök yaş ağırlığı

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çerezlik kabak çeşitlerinde kök yaş ağırlığına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığı üzerine etkisi, (g)

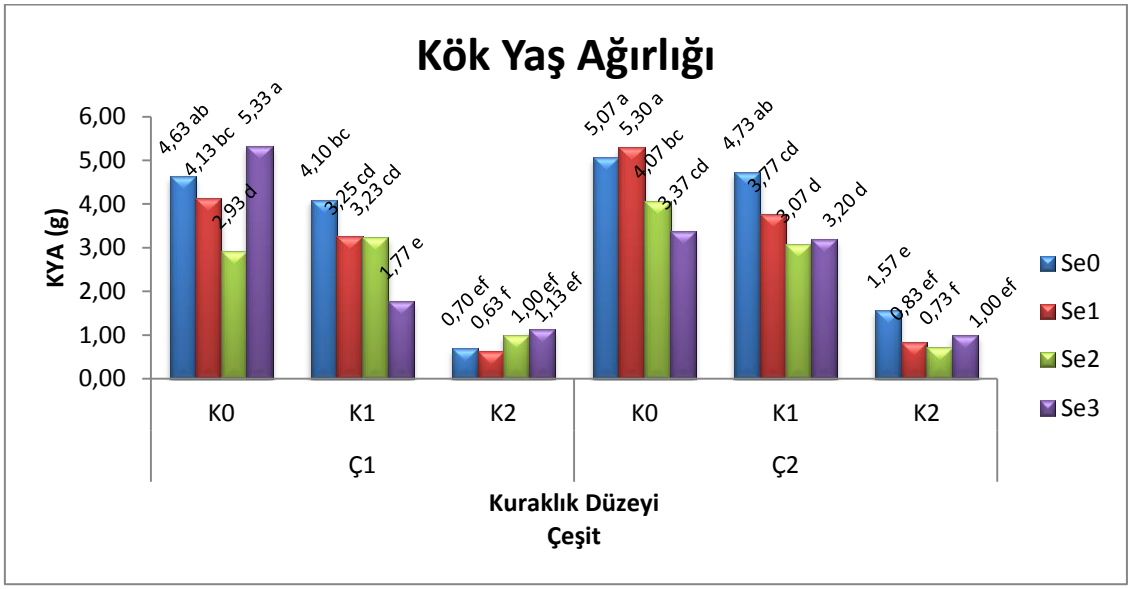
Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	4.63^{ab}	4.13^{bc}	2.93^{d}	5.33^{a}	4.25^{a}
	K1	4.10^{bc}	3.25^{cd}	3.23^{cd}	1.77^{e}	3.09^{b}
	K2	0.70^{ef}	0.63^{f}	1.00^{ef}	1.13^{ef}	0.87^{c}
Se ort.		3.14^{a}	2.67^{ab}	2.39^{b}	2.74^{ab}	2.74
Ç2	K0	5.07^{a}	5.30^{a}	4.07^{bc}	3.37^{cd}	4.45^{a}
	K1	4.73^{ab}	3.77^{cd}	3.07^{d}	3.20^{d}	3.69^{b}
	K2	1.57^{e}	0.83^{ef}	0.73^{f}	1.00^{ef}	1.03^{c}
Se ort.		3.79^{a}	3.30^{b}	2.62^{c}	2.52^{c}	3.06

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Çizelge 4.10' da izlendiği gibi farklı kuraklık düzeylerinin kök yaş ağırlığı üzerine etkisi her iki çeşitte de istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan kuraklık düzeyleri ile birlikte kök yaş ağırlıklarında azalma olmuştur. En yüksek kök yaş ağırlığı ortalamaları birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K0 düzeyinde sırası ile 4.25 g ve 4.45 g olarak elde edilmiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ortalamaları ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde K2 kuraklık düzeyinde sırası ile 0.87 g ve 1.03 g olarak belirlenmiştir.

Selenyum dozları birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde kök yaş ağırlıklarında istatiksel anlamda sırası ile %5 ve %1 düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Artan selenyum dozları ile her iki çeşitte de kök yaş ağırlıklarında azalmalar belirlenmiştir. En düşük kök yaş ağırlıkları ortalamaları birinci çeşitte (Ç1), Se2

dozunda 2.39 g olarak, ikinci çeşitte (Ç2, Se3 dozunda 2.52 g olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.10).



Şekil 4.15. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığına etkileri, (g).

Kuraklık ile selenyum interaksiyonlarının kök yaş ağırlığına etkileri her iki çeşitte de %1 düzeyinde istatiksel anlamda önemli bulunmuştur. İnteraksiyonların etkisi dikkate alındığında birinci çeşitte (Ç1) en yüksek kök yaş ağırlığı K0Se3 uygulamasında 5.33 g ve ikincş çeşitte (Ç2) ise K0Se1 uygulamasında 5.30 g olarak belirlenmiştir. En düşük kök yaş ağırlığı ortalamaları birinci çeşitte (Ç1) K2Se1 uygulamasında 0.63 g, ikinci çeşitte (Ç2) ise K2Se2 uygulamasında 0.73 g olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15).

4.1.2.9. Kök kuru ağırlığı

Selenyum uygulamalarının farklı kuraklık seviyelerinde iki farklı çerezlik kabak çeşidinde kök kuru ağırlığına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.11' de verilmiştir.

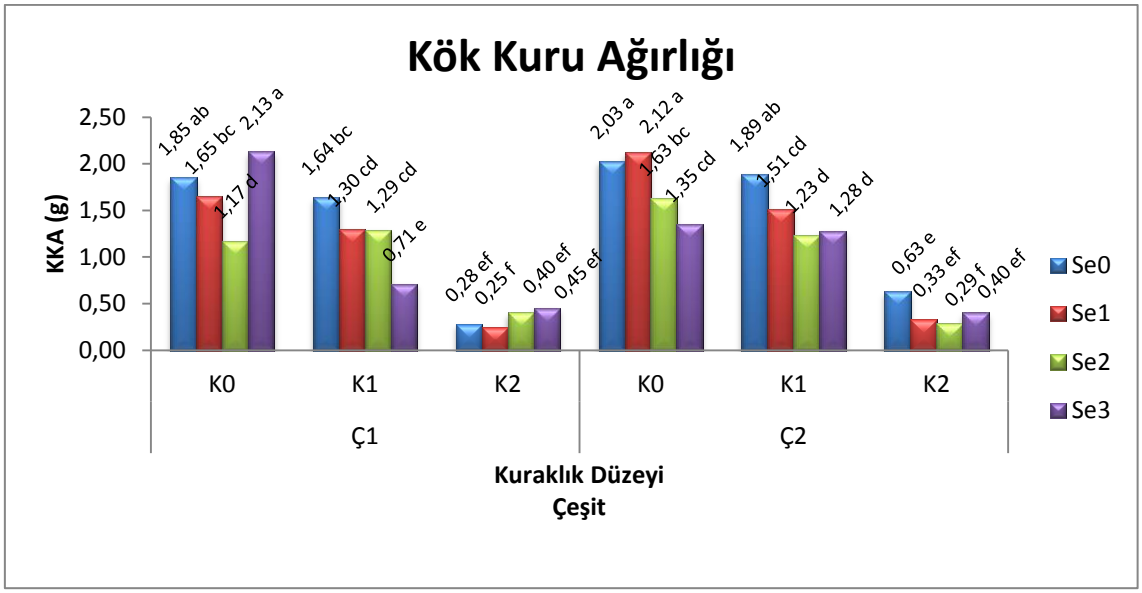
Çizelge 4.11. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığı üzerine etkisi, (g)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	1.85^{ab}	1.65^{bc}	1.17^{d}	2.13^{a}	1.70^{a}
	K1	1.64^{bc}	1.30^{cd}	1.29^{cd}	0.71^{e}	1.24^{b}
	K2	0.28^{ef}	0.25^{f}	0.40^{ef}	0.45^{ef}	0.35^{c}
Se ort.		1.26^{a}	1.07^{ab}	0.96^{b}	1.10^{ab}	1.10
Ç2	K0	2.03^{a}	2.12^{a}	1.63^{bc}	1.35^{cd}	1.78^{a}
	K1	1.89^{ab}	1.51^{cd}	1.23^{d}	1.28^{d}	1.48^{b}
	K2	0.63^{e}	0.33^{ef}	0.29^{f}	0.40^{ef}	0.41^{c}
Se ort.		1.52^{a}	1.32^{b}	1.00^{c}	1.01^{c}	1.23

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
**Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Kuraklık düzeyleri her iki çeşitte de kök kuru ağırlığında istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirmiştir. Kuraklık düzeyleri artarken kök kuru ağırlıklarında azalmalar belirlenmiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı ortalamaları K0 düzeylerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırası ile 1.70 g ve 1.78 g olarak bulunmuştur. En düşük kök kuru ağırlığı ortalaması ise K2 kuraklık düzeyinde birinci çeşitte (Ç1) 0.35 g ve ikinci çeşitte (Ç2) ise 0.41 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Artan selenyum dozlarının kök kuru ağırlığına etkisi istatiksel anlamda birinci çeşitte (Ç1) %5 ve ikinci çeşitte (Ç2) ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Selenyum dozları artarken kök kuru ağırlığı ortalamalarında Se0 dozunda birinci çeşitte (Ç1) 1.26 g ve ikinci çeşitte (Ç2) ise 1.52 g olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.11).



Şekil 4.16. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığın etkileri, (g).

İnteraksiyonların etkisi her iki çeşitte de istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İnteraksiyonlar dikkate alındığına en yüksek kök kuru ağırlığı ortalamaları K0 düzeyinde birinci çeşitte (Ç1), Se3 dozunda 2.13 g, ikinci çeşitte (Ç2), Se1 dozunda 2.12 g olarak elde edilmiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ortalamaları ise K2 kuraklık düzeyinde birinci çeşitte (Ç1), Se1 dozunda ve ikinci çeşitte (Ç2), Se2 dozunda sırası ile 0.25 g ve 0.29 g olarak belirlenmiştir (Şekil 4.16).

4.1.2.10. Kök hacmi

Selenyum dozlarının farklı kuraklık streslerinde çerezlik kabak çeşitlerinin kök hacmine etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.12' de verilmiştir.

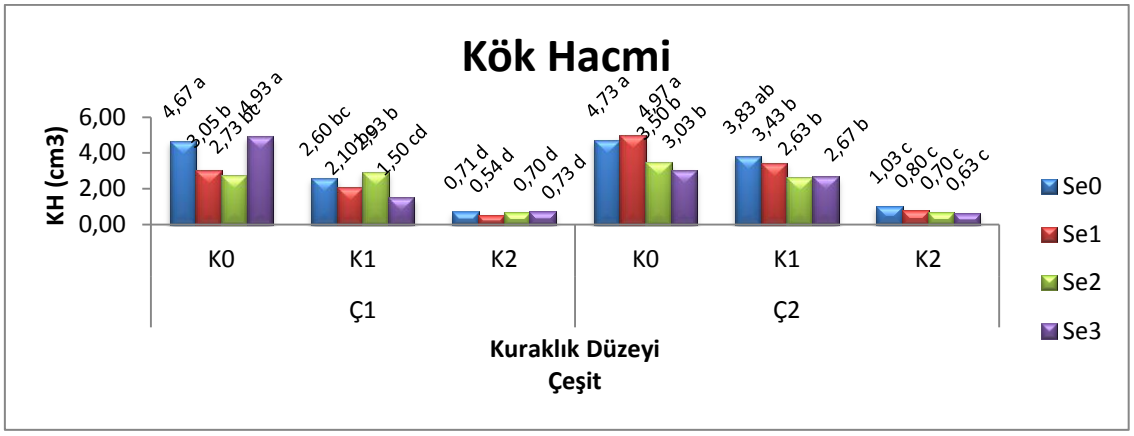
Çizelge 4.12. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmi üzerine etkisi, (cm^3)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	4.67^{a}	3.05^{b}	2.73^{bc}	4.93^{a}	3.85^{a}
	K1	2.60^{bc}	2.10^{bc}	2.93^{b}	1.50^{cd}	2.30^{b}
	K2	0.71^{d}	0.54^{d}	0.70^{d}	0.73^{d}	0.67^{c}
Se ort.		2.66^{a}	1.92^{b}	2.12^{ab}	2.37^{ab}	2.27
Ç2	K0	4.73^{a}	4.97^{a}	3.50^{b}	3.03^{b}	4.05^{a}
	K1	3.83^{ab}	3.43^{bc}	2.63^{b}	2.67b	3.14^{b}
	K2	1.03^{c}	0.80^{c}	0.70^{c}	0.63^{c}	0.79^{c}
Se ort.		3.20^{a}	3.06^{a}	2.27^{b}	2.11^{b}	2.66

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Her iki çeşitte de farklı kuraklık düzeylerinde belirlenen kök hacmi ortalamaları arasında istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Kuraklık düzeyi artarken kök hacmi ortalamaları azalmıştır. En yüksek kök hacmi ortalamaları K0 düzeyinde, birinci çeşitte (Ç1), 3.85 cm^3 ve ikinci çeşitte (Ç2), 4.05 cm^3 olarak elde edilmiştir. En düşük kök hacmi ortalamaları ise K2 kuraklık düzeyinde, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitler için sırası ile 0.67 cm^3 ve 0.79 cm^3 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Selenyum uygulamaları ikinci çeşidin (Ç2) kök hacminde istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirmiştir. Artan selenyum dozları kök hacminde azalmaya neden olmuştur. İkinci çeşitte (Ç2) en yüksek ve en düşük kök hacmi ortalamaları sırası ile Se0 dozunda 3.20 cm^3 ve Se3 dozunda 2.11 cm^3 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.17. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmine etkileri, (cm^3).

İnteraksiyonların kök hacmi üzerine etkisi birinci çeşitte (Ç1) istatiksel anlamda %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu çeşide ait en yüksek ve en düşük kök hacmi ortalamaları sırası ile K0Se3 uygulamasında 4.67 cm^3 ve K2Se3 uygulamasında 0.54 cm^3 olarak elde edilmiştir (Şekil 4.17).

Bu araştırmada kurak koşulların bitki gelişim kriterleri üzerine olumsuz etkisi belirlenmiş ve kuraklık düzeyleri arttıkça bitki gelişim kriterlerine ait ortalamalarda azalma meydana gelmiştir. Artan kuraklık seviyelerinin bitkilerin gelişme kriterlerine ilişkin ortalamalarda meydana getirdiği azalmalar, benzer çalışmalarda araştırmacıların belirlemiş oldukları kuraklık stresindeki bitkilerin biyomas değerleri ve büyüme kriterlerine ait değerlerde meydana gelen azalmalar ile uyum sağlamaktadır.

Kuşvuran ve ark. (2011), kuraklık stresi altındaki kavun bitkisinde kuraklığın yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığında, kök yaş ve kuru ağırlığında, bitki boyunda ve gövde çapında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Karakaş (1997) tütünde, Alexieva ve ark. (2001) buğdayda, Tsuji ve ark. (2003) sorgumda ve Kuşvuran (2010) kavunda yapmış oldukları çalışmalarda, kuraklık stresinde bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarında azalma olduğunu ifade etmişlerdir.

Benzer şekilde Almaghrabi (2012), kuraklık düzeyi arttıkça sürgün uzunluğunda, bitki boyunda, kök uzunluğunda, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığında ve kök yaş ve kuru ağırlığında azalmaya neden olduğunu bildirmiştir.

Wang ve ark. (2009), yonca bitkisinde kuraklık stresinin bitki gelişim kriterlerinden bitki boyunda, kök uzunluğunda, yeşil aksam yaş ağırlığında ve kök yaş ağırlığında azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Kuşvuran (2010), kavunda yapmış olduğu çalışmada kuraklık stresinin bitki gelişimini sınırlandırdığı ve stres koşullarındaki bitki boyu ortalamalarının stres uygulanmayan ortalamalara göre azalma gösterdiklerini bildirmiştir. Asraf ve Iram (2005), Yin ve ark. (2005) ve Abdalla ve El-Khoshiban (2002) da bu konuda yapmış oldukları araştırmalarda benzer sonuçlar elde etmiştirler.

Artan kuraklık seviyelerinde yaprak sayısında da meydana gelen azalma kuraklık stresinde bitkilerde hem dalların büyümesi hem de sayılarının azalması ile ilişkilendirilmiştir (Graham ve ark., 2015**;** Kuşvuran ve ark., 2011).

Kuraklık stresinde bitkilerin hayatta kalan ve büyüme stres koşulları arasında yaprak yüzey alanlarının küçülmesiyle birlikte yaprakların kaybedilmesi morfolojik strateji olarak bildirilmiştir **(**Anonim, 2015**).**

Çırak ve Esendal (2006), Kıran ve ark. (2014), Skirycz ve ark. (2011) ve Ma ve ark. (2012) kuraklık stresindeki bitkilerde yaprak yüzey alanının küçüldüğünü bildirmişlerdir.

Kurak koşullarda yaprak yüzey alanının küçülmesi gibi yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler genel olarak transprasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya yöneliktir (Mahajon ve Tuteja, 2005). Yaprak yüzey alanı küçüldüğünde, transprasyonla su kaybı azaldığı için topraktaki yetersiz miktardaki suyun uzun süre etkili bir şekilde korunması sağlanmış olur. Yaprak yüzey alanındaki azalmanın bitkilerde kurak koşullarda gelişen ilk savunma mekanizması olduğu düşünülmektedir (Graham ve ark., 2015; Kuşvuran ve ark., 2011). Asraf ve Iram (2005) ve Sankar ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışmalarda, kuraklık stresi koşullarında yaprak yüzey alanlarında meydana gelen azalmayla da benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Bu çalışmada artan kuraklık seviyelerinde yaprak yüzey alanı ile birlikte yaprak sayısında da meydana gelen azalma kuraklık stresinde bitkilerde hem dalların büyümesi hem de sayılarının azalması ile ilişkilendirilmiştir (Anonim, 2015; Kuşvuran ve ark., 2011).

Kuraklık stresinde bitkilerin hayatta kalan ve büyüme stres koşulları arasında yaprak yüzey alanlarının küçülmesiyle birlikte yaprakların kaybedilmesi morfolojik strateji olarak bildirilmiştir (Anonim, 2015).

Benzer şekilde; Razi ve Asad (1998) ayçiçeğinde ve Kuşvuran ve ark (2008b) kavunda yapmış oldukları çalışmalarda, kuraklık stresi koşullarının bitki gövde çapında kontrol bitkilerine oranla azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Zeid ve Shedeed (2006), yonca bitkisinde yapmış oldukları çalışmada kuraklığın yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığında ve kök yaş ve kuru ağırlığında azalmalar meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bitki büyümesi ve gelişmesi hücre bölünmesinin sürekliliğine ve hücrenin büyüme ve farklılaşmasına bağlıdır. Bitki bünyesinde gerçekleşen metabolik olaylar ve hücre gelişimi kuraklık stresinin şiddetine göre farklı duyarlılık göstermektedir. Kuraklık stresi, bitki büyümesini ve hücre bölünmesini önemli ölçüde azalttığından (Gandar ve Tanner, 1976; Farah, 1981), bitkinin özellikle toprak üstü organlarının oransal olarak küçülmesine neden olmaktadır (Sakuri ve Kuraishi, 1988; Neuman ve ark., 1988). Bu araştırmada da kurak koşulların bitki gelişim kriterleri üzerine olumsuz etkisi belirlenmiş ve kuraklık düzeyleri arttıkça bitki gelişim kriterlerine ait ortalamalarda azalma meydana gelmiştir.

Bu araştırmada artan selenyum dozları bitki gelişim kriterlerinde genel olarak azalma meydana getirmiştir. Bitkilerde kuraklık stresinin etkisinin azaltılması için yapılan çalışmalarda düşük dozlarda selenyum uygulamalarının bitki gelişim ve büyüme kriterleri üzerine olumlu etkileri belirlenmiştir. Araştırmamızda aşağıdaki literatürlere benzer şekilde her iki kabak çeşidinde de düşük düzeyde (2 mg kg^{-1}) selenyum uygulamalarıyla bitki boyunda artış elde edilmiştir.

Karadağ (2013), haşhaş bitkisinde 2 mg kg^{-1} selenyum dozundan daha yüksek dozda selenyum uygulamasının bitki boyunda, yeşil aksam yaş ağırlığında ve kök yaş ağırlığında azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Genel olarak 16-20 mg kg^{-1} selenyum uygulamalarının büyüme ve gelişme kriterleri üzerinde olumsuz etkileri olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmada da 1-2-4 mg kg^{-1} selenyum dozları genel olarak köke ait parametreler dışında büyüme kriterlerinde artış sağlamıştır.

Molnarova ve ark. (2009), *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L., *Sinapis alba* L. ve *Brassica napus* L. bitkilerinde yapmış oldukları çalışmada, sürgün ve köklerde artan selenyum dozlarında yaş ve kuru ağırlık miktarlarının azaldığını bildirmişlerdir. Saffaryazdı ve ark. (2012), ıspanak (*Spinach oleracea* L.) bitkisinde yapmış oldukları çalışmada 1 mg kg^{-1} selenyum dozundan daha yüksek selenyum

uygulamalarının bitki sürgün ve kök uzunluğunda ve yaş ve kuru ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Benzer şekilde Xue ve Hartikien (2000) ve Kong ve ark. (2005), selenyumun düşük konsantrasyonlarının bitkide antioksidant kapasiteyi arttırmak yoluyla strese olan toleransı ve bitki gelişimini arttırdığını bildirmişlerdir.

Seppanen ve ark. (2003), Turakinen ve ark. (2004), Özdemir (2008), Molnarova ve ark. (2009) ve Saffaryazdı ve ark. (2012) stres koşulllarında selenyumun düşük dozlarda oksidatif strese karşı bitkileri koruma ve onların oksidatif kapasitelerini arttırma yönünde etkili olduğunu, ancak yüksek dozlarda toksik etki oluşturduğunu ve lipid peroksidasyonunu yükseltmesinden dolayı bitki gelişim kriterlerinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Selenyumun stres koşullarında kök gelişim parametreleri üzerine olumlu etkileri bulunduğu buğdayda Yao (2009), yoncada Zeid ve Shedeed (2006), patatesde Tuakainen ve ark. (2006), ryegrassda Cartes ve ark. (2010), *Alhagi camelorum* da Öztürk ve Seçmen (1992) tarafından yapılan çalışmalarda bildirilmiştir.

Saffaryazdı ve ark. (2012), ıspanak (*Spinach oleracea* L.) bitkisinde yapmış oldukları çalışmada 1 mg kg^{-1} Selenyum dozundan daha yüksek selenyum uygulamalarının bitki sürgün ve kök uzunluğunda ve yaş ve kuru ağırlıklarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Bu araştırma da ikinci çeşitte (Ç2) K0 kuraklık düzeyinde artan selenyum dozları ile birlikte kök boyunda artış belirlenmiştir. En düşük kök uzunluğu ortalaması Se0 dozunda 16.50 cm olarak, en yüksek kök uzunluğu ortalaması Se3 dozunda 20.25 cm olarak bulunmuştur. K1 kuraklık düzeyinde en düşük kök uzunluğu ortalaması 10.80 cm olarak Se0 dozunda, en yüksek kök uzunluğu ise Se2 dozunda 15.10 cm olarak elde edilmiştir

Kök uzunluğu benzer şekilde birinci çeşitte (Ç1) K1 kuraklık düzeyinde Se0 dozunda 10.67 cm olarak belirlenirken, Se1 dozunda ise artış göstermiş ve 13.47 cm olarak elde edilmiştir. İkinci çeşidin (Ç2) kök uzunluğu ortalamaları birinci çeşidin (Ç1) kök uzunluğu ortalamalarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Bitkilerde kuraklık stresi altında savunma mekanizması olarak hayatta kalma yönünde kök sistemlerinin daha derine inmesi ve uzamasında görülen artışlar bildirilmiştir. Bu araştırmada selenyum uygulamaları ile kök parametrelerinde de net

olumlu etkilerinin görülmemesinin bitkinin genetik özelliklerinden ve fiziksel ölçümlerinin yapıldığı deneme döneminin bitki gelişim periyodunun tamamını içememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.3. Kuraklık hasarı skalası (0-5)

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çerezlik kabak çeşitlerinde 0-5 kuraklık hasarı skalasına etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.13' te sunulmuştur.

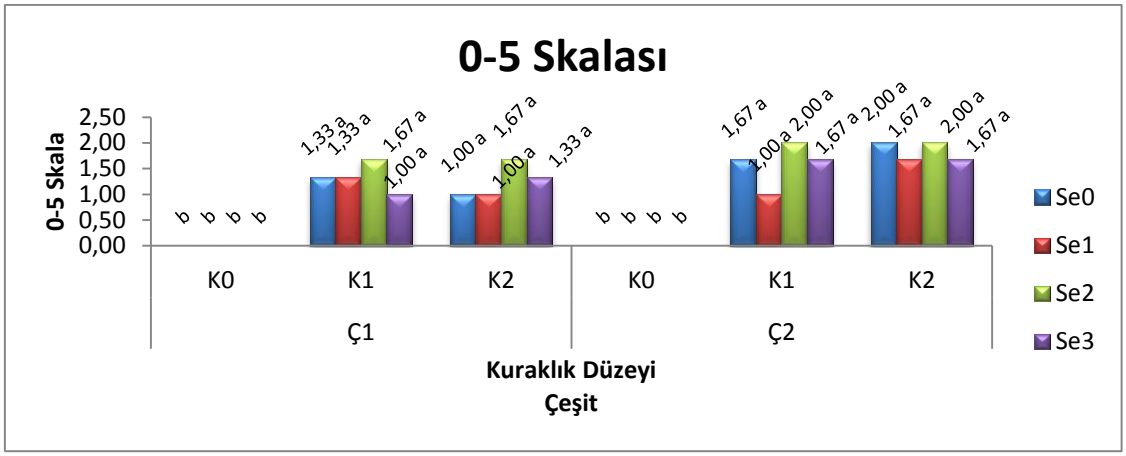
Çizelge 4.13. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin 0-5 kuraklık hasarı skalası üzerine etkisi, (puan)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]
	K1	1.33[a]	1.33[a]	1.67[a]	1.00[a]	1.33[a]
	K2	1.00[a]	1.00[a]	1.67[a]	1.33[a]	1.25[a]
Se	ort.	0.78	0.78	1.11	0.78	0.86
Ç2	K0	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]	0.00[b]
	K1	1.67[a]	1.00[a]	2.00[a]	1.67[a]	1.58[a]
	K2	2.00[a]	1.67[a]	2.00[a]	1.67[a]	1.83
Se	ort.	1.22	0.89	1.33	1.11	1.14

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık düzeylerinde bitki çeşitlerinde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmalar istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişim göstermiştir. K0 düzeyinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşidin kuraklık stresinden etkilenmediği belirlenmiştir. Diğer kuraklık düzeylerinde ise her iki çeşitte de kuraklıktan kaynaklanan farklı düzeyde zararlanmalar belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Bitkilerin kuraklıktan zararlanma dereceleri 0-5 kuraklık hasarı skalasına göre değerlendirildiğinde kuraklık düzeyi artarken zararlanmaların arttığı belirlenmiştir. Kıran (2014), kuraklık stresi koşullarında kavun genotiplerinde yüksek kuraklık düzeylerinde skala değerlerini 1.50- 2.05 arasında belirlemiştir.



Şekil 4.18. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalasına (0-5) etkileri, (puan).

Selenyum uygulamalarının ve kuraklık selenyum interaksiyonlarının kuraklıktan kaynaklanan morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmalar üzerinde etkisi istatiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Ancak Duncan çoklu karşılaştırma testine göre yapılan değerlendirmede farklı selenyum uygulamalarında elde edilen değerler farklı gruplarda yer almışlardır. Birinci çeşidin (Ç1) ikinci çeşide (Ç2) kıyasla kuraklıktan daha fazla etkilendiği belirlenmiştir (Çizelge 4.13, Şekil 4.18).

Bu araştırmada kurak koşulların bitki gelişim kriterleri üzerine olumsuz etkisi belirlenmiş ve kuraklık düzeyleri arttıkça bitki gelişim kriterlerine ait ortalamalarda azalma meydana gelmiştir.

Selenyum uygulamaları tek başına değerlendirildiğinde, kuraklık stresinde bitki zararlanmaları üzerine belirgin etkileri bulunmamıştır. Ancak K0 düzeyinde artan selenyum dozlarının bitki üzerinde herhangi bir fenolojik değişikliliğe neden olmadığı, K1 ve K2 düzeylerinde ise kuraklığa dayanıklı çeşitte (Ç2) Se0 ve Se3 dozunda en fazla zararlanmanın olduğu, birinci çeşit çeşitte (Ç1) ise K1 kuraklık düzeyinde en fazla zararlanmanın Se3 dozunda, K2 kuraklık düzeyinde de en fazla zararlanmanın Se2 dozunda görüldüğü belirlenmiştir.

Kuşvuran ve ark. (2008a), 34 farklı bamya genotipinde ve Kuşvuran (2010) farklı kavun genotiplerinde kuraklık stresi koşullarında yapmış oldukları çalışmalarda genotiplerin farklı skala değerleri aldığını ve farklı tepkiler verdiğini bildirmişlerdir.

.

4.1.4. Biyokimyasal parametreler

4.1.4.1. Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi

Farklı selenyum ve kuraklık düzeylerinde çerezlik kabak çeşitlerinin süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi üzerine etkileri, (ünite/mg protein)

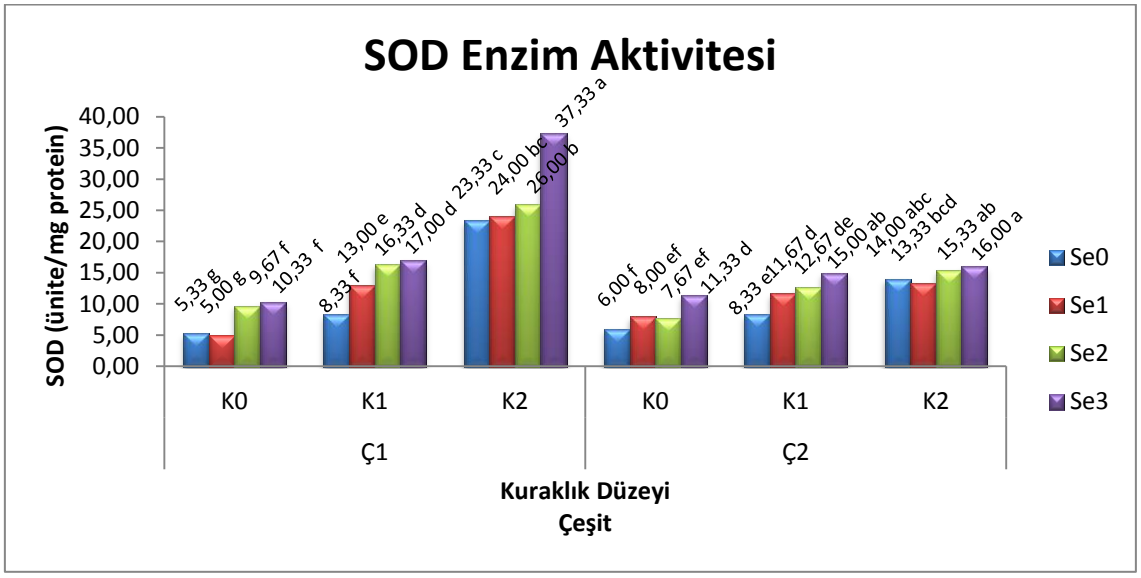
Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	5.33^{g}	5.00^{g}	9.67^{f}	10.33^{f}	7.58^{c}
	K1	8.33^{f}	13.00^{e}	16.33^{d}	17.00^{d}	13.67^{b}
	K2	23.33^{c}	24.00^{bc}	26.00^{b}	37.33^{a}	27.67^{a}
Se ort.		12.33^{d}	14.00^{c}	17.78^{b}	21.11^{a}	16.31
Ç2	K0	6.00^{f}	8.00^{ef}	7.67^{ef}	11.33^{d}	8.29^{c}
	K1	8.33^{e}	11.67^{d}	12.67^{cd}	15.00^{ab}	11.92^{b}
	K2	14.00^{abc}	13.33^{bcd}	15.33^{ab}	16.00^{a}	14.67^{a}
Se ort.		9.44^{c}	11.00^{b}	11.89^{b}	14.11^{a}	16.63

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Kuraklık düzeylerinin birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde SOD enzim aktivitelerine etkileri istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kuraklık düzeyi artarken SOD enzim aktivitelerinde artışlar belirlenmiştir. En yüksek SOD enzim aktivitesi, K2 kuraklık düzeyinde, birinci çeşitte (Ç1), 27.67 ünite/mg protein ve ikinci çeşitte 14.67 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir. Kuraklık düzeyleri dikkate alındığında en düşük SOD enzim aktivitesi K0 düzeyinde, birinci çeşitte (Ç1) 7.58 ünite/mg protein ve ikinci çeşitte (Ç2) 8.29 ünite/mg protein olarak bulunmuştur (Çizelge 4.14).

Artan selenyum dozları her iki çeşitte de SOD enzim aktivitesinde artış yönünde değişim meydana getirmiş ve bu değişimler istatiksel anlamda %1 oranında önemli bulunmuştur. En yüksek süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi ortalamaları, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte Se3 dozunda, sırası ile 21.11 ünite/mg protein ve 14.11 ünite /mg protein olarak elde edilmiştir. En düşük süperoksit dismutaz (SOD)

enzim aktivitesi ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte Se0 dozunda sırası ile 12.33 ünite/mg protein ve 9.44 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.14).



Şekil 4.19. Farklı çerezlik kabak türlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkileri, (ünite/mg protein).

Kuraklık ve selenyum interaksiyon düzeylerinde SOD enzim aktivitesi etkileri birinci çeşitte (Ç1) %1 ve ikinci çeşitte (Ç2) %5 düzeyinde önemli olarak belirlenmiştir. İnteraksiyonların etkisi dikkate alındığında, birinci çeşitte (Ç1) en yüksek SOD enzim aktivitesi K2Se3 uygulamasında 37.00 ünite/mg protein ve en düşük SOD enzim aktivitesi K0Se1 uygulamasında 5.00 ünite/mg protein olarak bulunmuştur. İkinci çeşitte (Ç2) ise en yüksek SOD enzim aktivitesi K2Se3 uygulamasında 16.00 ünite/mg protein ve en düşük SOD enzim aktivitesi K0Se0 uygulamasında 6.00 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19).

Birinci çeşitte (Ç1) elde edilen süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri ortalamaları, ikinci çeşitten (Ç2) daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bunun birinci çeşidin (Ç1) stres koşullarından daha fazla etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

4.1.4.2. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzim aktivitesi

Farklı selenyum ve kuraklık düzeylerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çerezlik kabak çeşitlerinde Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesine etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.15'te sunulmuştur.

Çizelge 4.15. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkileri, (ünite/mg protein).

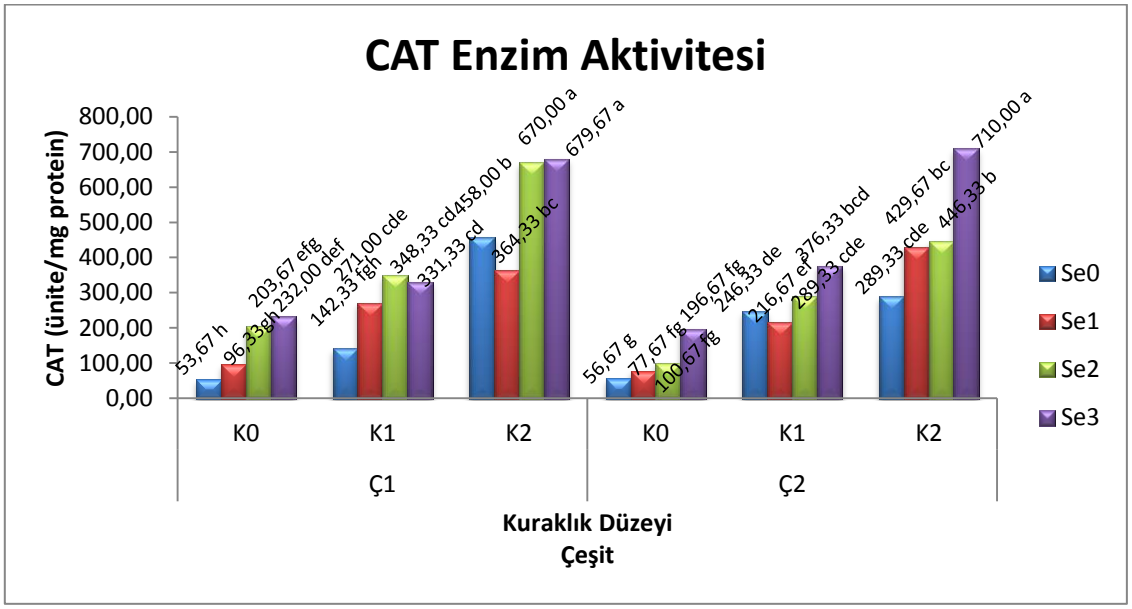
Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	53.67^{h}	96.33^{gh}	203.67^{efg}	232.00^{def}	146.42^{c}
	K1	142.33^{fgh}	271.00^{cde}	348.33^{cd}	331.33^{cd}	273.25^{b}
	K2	458.00^{b}	364.33^{b}	670.00^{a}	679.67^{a}	543.00^{a}
Se ort.		218.00^{b}	243.89^{b}	407.33^{a}	414.33^{a}	320.89
Ç2	K0	56.67^{g}	77.67^{fg}	100.67^{fg}	196.67^{fg}	107.92^{c}
	K1	246.33^{ed}	216.67^{ef}	289.33^{cde}	376.33^{bcd}	282.17^{b}
	K2	289.33^{cde}	429.67^{bc}	446.33^{b}	710.00^{a}	468.84^{a}
Se ort.		197.44^{c}	241.33^{c}	278.78^{b}	427.67^{a}	286.31

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Çizelge 4.15 incelendiğinde, farklı düzeylerdeki kuraklık koşullarının birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte katalaz (CAT) enzim aktivitesine meydana getirdiği değişimin istatiksel anlamda %1 oranında önemli olduğu belirlenmiştir. Artan kuraklık düzeyi ile birlikte her iki çeşitte de katalaz (CAT) enzim aktivitesinde artışlar olmuştur. En yüksek katalaz (CAT) enzim aktiviteleri birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte K2 kuraklık düzeyinde, sırasıyla 543.00 ünite/mg protein ve 468.84 ünite/mg protein olarak bulunmuştur. En düşük katalaz (CAT) enzim aktiviteleri ise K0 kuraklık düzeyinde, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte 146.42 ünite/mg protein ve 107.92 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir.

Benzer şekilde, artan selenyum dozları ile birlikte birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte meydana gelen artışlar istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuş ve katalaz (CAT) enzim aktivitesinde artışlar gerçekleşmiştir. En yüksek katalaz (CAT) enzim aktivitesi birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte, Se3 dozunda sırasıyla 414.33 ünite/mg protein ve 427.67 ünite/mg protein olarak bulunmuştur. En düşük katalaz

(CAT) enzim aktivitesi birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte, Se0 dozunda sırasıyla 218.00 ünite/mg protein ve 197.44 ünite/mg protein olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.15).



Şekil 4.20. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin katalaz (CAT) enzim aktivitesine etkisi, (ünite/mg protein).

Kuraklık selenyum interaksiyonlarının katalaz (CAT) enzim aktivitesine etkisi her iki çeşitte de istatiksel anlamda %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. İnteraksiyonların etkisi incelendiğinde birinci (Ç1) çeşitte en yüksek ve en düşük katalaz (CAT) enzim aktivitesi sırası ile K2Se3 uygulamasında 679.67 ünite/mg protein ve K0Se0 uygulamasında 53.67 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir. İkinci (Ç2) çeşitte en yüksek ve en düşük katalaz (CAT) enzim aktivitesi ise sırası ile K2Se3 uygulamasında 710.00 ünite/mg protein ve K0Se0 uygulamasında 56.67 ünite/mg protein olarak bulunmuştur (Şekil 4.20).

4.1.4.3. Glutatyon peroksidaz (GSH-Px; EC 1.11.1.7) enziminin aktivitesi

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde çerezlik kabak çeşitlerinin çimlenme hızlarına etkisine ilişkin veriler Çizelge 4.16'da verilmiştir.

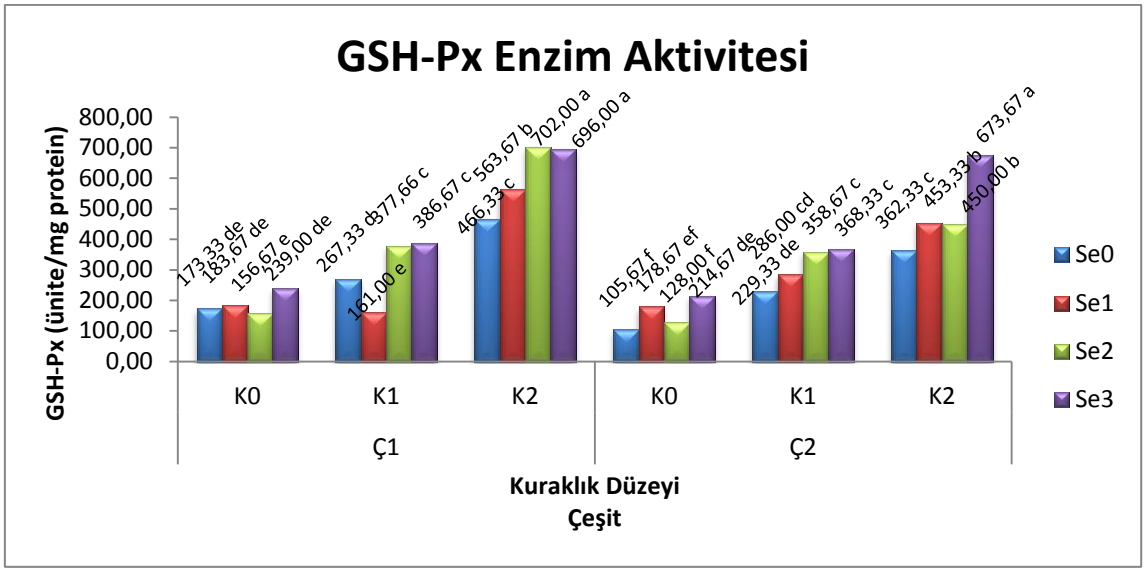
Çizelge 4.16. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin glutatyon peroksidaz **(**GSH-Px**)** enzim aktivitesi üzerine etkileri, (ünite/mg protein)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K Ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
	K0	173.33^{de}	183.67^{de}	156.67^{e}	239.00^{de}	188.17^{c}
Ç1	K1	267.33^{d}	161.00^{e}	377.66^{c}	386.67^{c}	298.17^{b}
	K2	466.33^{c}	563.67^{b}	702.00^{a}	696.00^{a}	607.25^{a}
Se	ort.	302.33^{b}	302.78^{b}	412.44^{a}	440.56^{a}	364.53
	K0	105.67^{f}	178.67^{ef}	128.00^{f}	214.67^{de}	156.75^{c}
Ç2	K1	229.33^{de}	286.00^{cd}	358.67^{c}	368.33^{c}	310.58^{b}
	K2	362.33^{c}	453.33^{b}	450.00^{b}	673.67^{a}	484.83^{a}
Se	ort.	232.44^{c}	306.00^{b}	312.22^{b}	418.89^{a}	317.39

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Artan kuraklık düzeyleri birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesinde artış meydana getirmiştir. Bu değişim istatiksel anlamda %1 oranında önemli bulunmuştur. En yüksek glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi K2 kuraklık düzeyinde, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte sırası ile 607.25 ünite/mg protein ve 484.83 ünite/mg protein olarak elde edilmiştir. En düşük glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi ise K0 kuraklık düzeyinde, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte sırası ile 188.17 ünite/mg protein ve 156.75 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Farklı dozlarda selenyum uygulamalarının birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi üzerine etkiler istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Artan selenyum dozları ile her iki çeşitte de glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesinde artış meydana gelmiştir. Selenyum uygulamaları dikkate alındığında, en yüksek glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde Se3 dozunda sırası ile 440.56 ünite/mg protein ve 418.89 ünite/mg protein olarak bulunmuştur. En düşük glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi ise Se0 dozunda birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırası ile 302.33 ünite/mg protein ve 232.44 ünite/mg protein olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.16).



Şekil 4.21. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesine etkisi, (ünite/mg protein).

Kuraklık selenyum interaksiyonları çeşitlerin glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi üzerine istatiksel anlamda %1 düzeyinde etkili olmuştur. Birinci çeşitte (Ç1), en yüksek glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi K2Se2 uygulamasında 702.00 ünite/mg protein olarak ve en düşük glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi ise K0Se2 uygulamasında 156.67 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir. İkinci çeşitte (Ç2) ise en yüksek glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi K2Se3 uygulamasında 673.67 ünite/mg protein olarak ve en düşük glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesi ise K0Se0 uygulamasında 105.67 ünite/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21).

4.1.4.4. Lipid peroksidasyonu (MDA)

Farklı selenyum ve kuraklık seviyelerinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çerezlik kabak çeşitlerinde lipid peroksidasyonu üzerine etkisine ilişkin ortalamalar Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

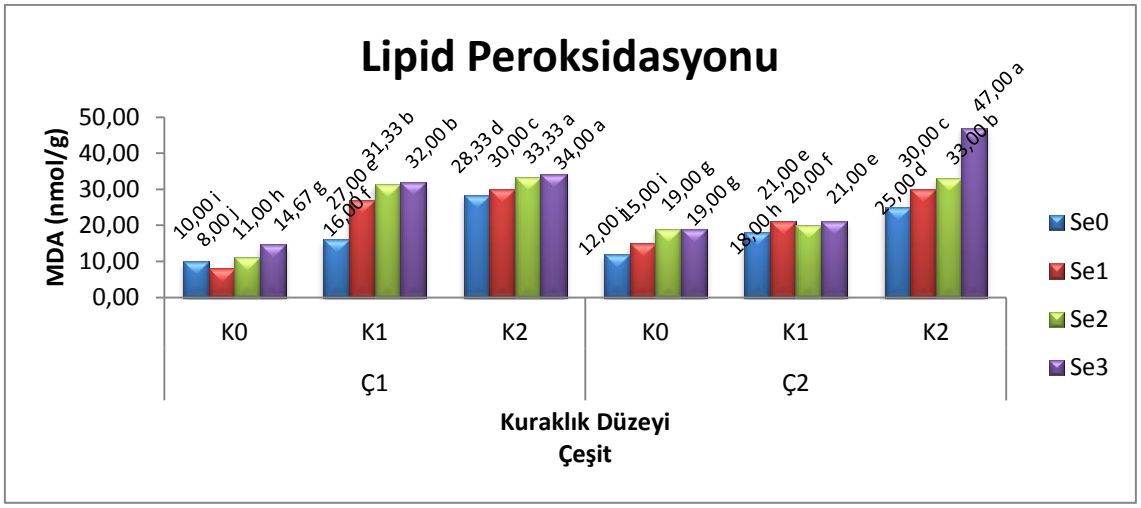
Çizelge 4.17. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin lipid peroksidasyonu üzerine etkileri, (nmol/g)

Çeşit	Kuraklık	Selenyum				K ort.
		Se0	Se1	Se2	Se3	
Ç1	K0	10.00^{i}	8.00^{j}	11.00^{h}	14.67^{g}	10.92^{c}
	K1	16.00^{f}	27.00^{e}	31.33^{b}	32.00^{b}	26.58^{b}
	K2	28.33^{d}	30.00^{c}	33.33^{a}	34.00^{a}	31.42^{a}
Se	ort.	18.11^{d}	21.67^{c}	25.22^{b}	26.89^{a}	22.97
Ç2	K0	12.00^{j}	15.00^{i}	19.00^{g}	19.00^{g}	16.25^{c}
	K1	18.00^{h}	21.00^{e}	20.00^{f}	21.00^{e}	20.00^{b}
	K2	25.00^{d}	30.00^{c}	33.00^{b}	47.00^{a}	33.83^{a}
Se	ort.	18.33^{d}	22.00^{c}	24.11^{b}	29.00^{a}	23.36

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.
** Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %1 düzeyinde istatistiksel farklılık yoktur.

Farklı kuraklık düzeylerinin birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) kabak çeşitlerinin lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyine etkisi istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kuraklık düzeyleri artarken lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyinde her iki çeşitte de artış meydana getirmiştir. En yüksek lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyi, K2 kuraklık düzeyinde birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte sırası ile 31.42 nmol/g ve 33.83 nmol/g olarak elde edilmiştir. En düşük lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyi K0 kuraklık düzeyinde, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte sırası ile 10.92 nmol/g ve 16.25 nmol/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Benzer şekilde artan selenyum dozlarının birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyini arttırdığı belirlenmiştir. Bu artışlar istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Selenyum uygulamaları dikkate alındığında, birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde en yüksek lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyi sırası ile 26.89 nmol/g ve 29.00 nmol/g olarak Se3 dozunda elde edilmiştir. En düşük lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyi ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırası ile 18.11 nmol/g ve 18.33 nmol/g olarak Se0 dozunda elde edilmiştir (Çizelge 4.17).



Şekil 4.22. Farklı çerezlik kabak çeşitlerinde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin lipid peroksidasyonuna etkisi, (nmol/g).

Kuraklık selenyum interaksiyonlarının lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyine etkisi birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte istatiksel anlamda %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İnteraksiyonlar dikkate alındığında en yüksek lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyi birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırası ile 34.00 nmol/g ve 47.00 nmol/g olarak K2Se3 uygulamasında elde edilmiştir. En düşük lipid peroksidasyonu (MDA) düzeyi ise birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde sırası ile 10.00 nmol/g ve 12.00 nmol/g olarak K0Se0 uygulamasında bulunmuştur (Şekil 4.22).

Bu çalışmada kuraklık düzeyleri artarken birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH) antioksidant enzim aktivitelerinde ve lipid peroksidasyonunda (MDA) belirlenen artışlar birçok araştırmacının benzer konuda yaptıkları çalışmalarda da belirlenmiştir. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelen biyokimyasal değişikliklerden bir tanesi, biri reaktif oksijen türlerinin (ROT) birikmesidir (Smirnoff, 1993). Süperoksit dismutaz (SOD) antioksidant enzimi, stres faktörlerinden herhangi birine maruz kalmış bitkilerde reaktif oksijen türlerini (ROT) ilk parçalama ve uzaklaştırma reaksiyonlarında önemli rol oynar (Imlay ve Linn, 1988). Stres koşullarında artan katalaz (CAT) antioksidant enzimi, bitkilerin stres koşullarına adapte olmalarına ve metabolik aktivitelerini devam ettirebilmelerine, hidrojen peroksit (H_2O_2) radikallerini indirgeyerek yardımcı olmaktadır (Yıldıztugay, 2011). Glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzimi, glutatyonu kullanarak hidrojen peroksidi (H_2O_2) katalize etmek yolu ile bitkileri stres koşullarında

bitkilerde olası hasarı mimimize ederek koruyucu rol oynamaktadır (Noctor ve ark., 2002). Lipid peroksidasyonu hücre ve organellerde reaktif oksijen türlerinin (ROT) eşik değerlere ulaştığında meydana gelmektedir (Montillet ve ark., 2005). Malondialdehit (MDA), lipid peroksidasyonun en önemli ürünüdür (Akkuş, 1995).

Antioksidant enzimler reaktif oksijen türlerinin (ROT) etkisiz hale getirilmesinde en önemli komponentlerdir. Pan ve ark. (2006), meyan kökünde süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim aktivitesinin kuraklık stresi koşullarında arttığını, Fu ve Huang (2001), bluegras ve festuca da kuraklık koşulları arttıkça sürgün kuru ağırlığının azalmasına rağmen süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) enzim aktivitelerinin ve lipid peroksidasyonun (MDA) arttığını belirlemişlerdir.

Carvalho (2008) kurak koşullarda süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSH) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerinin arttığını belirlemiştir. Kurak koşullarda artan katalaz (CAT) enzim aktivitesi ile bitkiler kuraklık stresine maruz kaldıkları zaman membran lipid peroksidasyonunda oksidatif hasar meydana gelmektedir. Hasarın olası düzeyi malondialdehit (MDA) içeriği ile ifade edilmektedir (Li-Ping ve ark., 2006). Mısır bitkisinde şiddetli kuraklık koşullarında süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu (MDA) düzeylerinin arttığını bildirmişlerdir.

Jung ve ark. (2002) ve Herlsette ve ark. (2002), hidrojen peroksidin (H_2O_2) lipid hidroperoksitlerinin etkisiz hale getirilmesinde glutatyon peroksidaz (GSH) enzim aktivitesinin önemli bir yeri olduğunu ve oksidatif stres koşullarında biyomembranların azalmakta olduğunu bildirmişler.

Sharma ve Dubey (2005), yoğun kuraklık koşullarda, pirinç (*Oriza Sativa*) köklerinde lipid peroksidasyonunun arttığını bildirmişlerdir. Malondialdehit (MDA) dokularda serbest oksijen reaktiflerinin açığa çıkmasının bir göstergesidir.

Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte artan selenyum dozları süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH) antioksidant enzim aktivitelerinde ve lipid peroksidasyonunda (MDA) artışa neden olmuştur. Serbest radikallerin hidrojen perokside (H_2O_2) dönüşmesinde süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi selenyum varlığında karmaşıktır. Bu konudaki çalışmalar stres koşullarında selenyum uygulamalarının süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine 3 ana faktör ile bağlı olduğunu ve kontrol edilebildiğini ortaya koymuştur. Birinci faktör stresin

düzeyidir. Birçok araştırmacı süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin stres koşullarında arttığını bildirmişlerdir (Cartes ve ark., 2005; Feng ve ark., 2013). İkinci faktör selenyum dozudur. Cartes ve ark. (2005), 2 µmol selenat uygulamasının süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesini azalttığını, 10µmol selenat uygulamasının ise ryegrass bitkisinde süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesini arttırdığını belirlemişlerdir. Üçüncü faktör ise konsantrasyonda süperoksit dismutaz (SOD) enziminin cofaktörleridir (Fe, Zn, Mn).

Benzer şekilde Xiao ve ark. (2008) söğüt ağacında, Bakalova ve ark. (2004) ve Siszer ve ark. (2005) buğdayda, Meleche ve ark. (2001) bezelyede ve Pazoki ve ark. (2010) karnabaharda yapmış oldukları araştırmalarda, kurak koşullarda selenyum uygulamalarının süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesini arttırdığını belirlemişlerdir.

Akbulut ve Çakır (2010), arpada Chen ve ark. (2008), *Spirulina plantetsis*' te yapmış oldukları çalışmalarda selenyum uygulamalarının (CAT) enzim aktivitelerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Benzer şekilde, Hartikainen ve ark. (2000) *Lolium perenne*' de ve Yılmaz (2006) arpada yapmış oldukları çalışmalarda artan selenyum uygulamalarının glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesinde artış meydana getirdiğini belirlemişlerdir.

Bu araştırmada, kuraklık stresi koşullarında selenyum uygulamaları antioksidant enzim aktivitelerini arttırmıştır. Bu durum, kuraklık stresi düzeylerinde ve enzim aktivitelerindeki değişimin ortaya konulmasında selenyum dozlarının uygun olarak belirlendiğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı kuraklık ve selenyum seviyelrinin bitki gelişim kriterlerine ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada genel olarak artan kuraklık düzeylerinin çimlenme oranında, çimlenme hızında, bitki boyunda, yeşil aksam yaş ağırlığında, yeşil aksam kuru ağırlığında, yaprak sayısında, yaprak yüzey alanında, gövde çapında, kök uzunluğunda, kök yaş ağırlığında, kök kuru ağırlığında ve kök hacminde azalma meydana getirdiği belirlenmiştir. İncelenen bitki büyüme kriterlerine ilişkin en yüksek değerler K0 düzeyinde elde edilirken, en düşük ortalamalar ise K2 kuraklık düzeyinde bulunmuştur.

Bitkilerin kuraklıktan zararlanma dereceleri 0-5 skalasına göre değerlendirildiğinde kuraklık düzeyi artarken birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitte zararlanmaların arttığı belirlenmiştir. Birinci çeşidin (Ç1), ikinci çeşide (Ç2) kıyasla kuraklıktan daha fazla etkilendiği belirlenmiştir.

Antioksidant enzim aktivitesinde ise artan kuraklık koşullarıyla birlikte artış elde edilmiştir. İncelenen antioksidant enzim aktivitesine ilişkin en yüksek değerler K2 düzeyinde elde edilirken, en düşük ortalamalar ise K0 kuraklık düzeyinde bulunmuştur.

Selenyum uygulamalarının kök gelişim kriterleri dışında genel olarak bitki gelişim kriterlerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Selenyum uygulamaları tek başına değerlendirildiğinde, kurak koşullarda bitkilerin kuraklıktan zararlanmaları üzerine belirgin etkileri bulunmamıştır. Ancak K0 düzeyinde bitki üzerinde herhangi bir fenolojik değişiklilik gözlenmediği, K1 ve K2 kuraklık düzeylerinde ise ikinci çeşitte (Ç2) Se0 ve Se3 dozunda en fazla zararlanmanın görüldüğü, birinci çeşitte (Ç1) ise K1 kuraklık düzeyinde en fazla zararlanmanın Se3 dozunda ve K2 kuraklık düzeyinde de en fazla zararlanmanın Se2 dozunda görüldüğü belirlenmiştir.

Artan selenyum uygulamaları antioksidant enzim aktivitesi düzeylerini arttırmıştır. Birinci (Ç1) ve ikinci (Ç2) çeşitlerde en yüksek yüksek süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH) antioksidant enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu (MDA) ortalamaları, Se3 dozunda bulunmuştur.

Selenyum uygulamalarının yeşil aksam kuru ağırlık etkisinin birinci çeşitte olumlu, ikinci çeşitte ise kuraklık seviyesine bağlı olarak değişmesi, genel olarak bitkide yaprak sayısı ve yaprak yüzey alanını ve aynı zamanda SOD ve CAT gibi enzim akivitelerinde de belirlenmiştir. Bu durum birinci çeşitte bütün kuraklık seviyelerinde artan selenyum uygulamaları ile yeşil aksam kuru ağırlığınının, stres enzimlerinin aktivitelerinin, yaprak sayısının ve daha da önemlisi yaprak yüzey alanının artması sonucu fotosentezin artmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde verilen belli düzeyde selenyum uygulaması stres enzimlerinin aktivitesini arttırarak bitkilerin gelişimini olumlu yönde etkilediğini, uygulananan selenyum düzeylerinin artımı ile olumlu etkisinin olumsuza dönüştüğü sonucu elde edilmiştir.

Kuraklık selenyum interaksiyonlarının, birinci çeşitte (Ç1) bitki boyu, yaprak yüzey alanı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök hacmine ve ikinci çeşitte (Ç2) yeşil aksam yaş ağırlığı, yeşil aksam kuru ağırlığı yaprak yüzey alanı, gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığına etkisi istatiksel anlamda önemli bulunmuştur. İnteraksiyonların ise her iki çeşitte de bu çalışmada değerlendirilen bütün enzim aktiviteleri için istatiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Birinci çeşitte (Ç1) interaksiyonların etkisi incelendiğinde en yüksek bitki boyu, yaprak yüzey alanı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök hacmi, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH) antioksidant enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu (MDA) ortalamaları sırası ile K0Se2 uygulamasında 18.37 cm, K0Se3 uygulamasında 72.93 cm^2, K0Se0 uygulamasında 15.03 cm, K0Se3 uygulamasında 5.33 g, 2.13 g, 4.93cm^3, K2Se3 uygulamasında 37.33 ünite/mg protein, 679.67 ünite/mg protein, K2Se2 uygulamasında 702.00 ünite/mg protein ve K2Se3 uygulamasında 34.00 nmol/g olarak elde edilmiştir. En düşük değerler ise sırası ile K2Se1 uygulamasında 7.00 cm, K2Se0 uygulamasında 35.58 cm^2, K2Se3 uygulamasında 6.80 cm, K2Se1 uygulamasında 0.63 g, 0.25 g, 0.54 cm^3, K0Se1 uygulamasında 5.00 ünite/mg protein, K0Se0 uygulamasında 53.67 ünite/mg protein, K0Se2 uygulamasında 156.67 ünite/mg protein ve K0Se1 uygulamasında 8.00 nmol/g olarak bulunmuştur.

İnteraksiyonların etkisi kuraklığa ikinci çeşitte (Ç2) değerlendirildiğinde en yüksek yeşil aksam yaş ağırlığı, yeşil aksam kuru ağırlığı, yaprak yüzey alanı, gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, süperoksit dismutaz (SOD),

katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH) antioksidant enzim aktiviteleri ve lipid peroksidasyonu (MDA) ortalamaları sırası ile K0Se1 uygulamasında 32.04 g, K0Se0 uygulamasında 3.85 g, K1Se2 uygulamasında 86.82 cm^2, K0Se2 uygulamasında 5.92 cm, K0Se3 uygulamasında 20.25 cm, K0Se1 uygulamasında 5.30 g ve 2.12 g, K2Se3 uygulamasında 16.00 ünite/mg protein, 710.00 ünite/mg protein, 673.67 ünite/mg protein ve 47.00 nmol/g olarak bulunmuştur. En düşük ortalamalar ise sırası ile K2Se0 uygulamasında 5.85 g, K2Se0 uygulamasında 0.70 g, K2Se0 uygulamasında 40.48 cm^2, K2Se1 uygulamasında 3.66 cm, K2Se3 uygulamasında 6.87 cm, K2Se2 uygulamasında 0.73 g ve 0.29 g, K0Se0 uygulamasında 6.00 ünite/mg protein, 56.67 ünite/mg protein, 109.67 ünite/mg protein ve 12.00 nmol/g olarak elde edilmiştir.

Antioksidant enzim aktiviteleri dikkate alındığında ise birinci çeşidin (Ç1) antioksidant enzim aktiviteleri ortalamaları, ikinci çeşidin (Ç2) antioksidant enzim aktiviteleri ortalamalarından (Ç2) daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu durumun birinci çeşidin (Ç1) stres koşullarından daha fazla etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Enzim düzeyleri bakımından çeşitler arasında elde edilen farklılıkların genetik varyasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu araştırmada kuraklık düzeyleri artarken bütün antioksidant enzim düzeylerinde artış gerçekleşmiştir. Stres koşullarında özellikle süperoksit anyonu ($O_2^{\cdot -}$) üretimi artar. Bitkilerde koruma mekanizması amacıyla süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin artmasıyla bu reaktifler hidrojen peroksit (H_2O_2) radikaline ve oksijene (O_2) dönüştürülür. Süperoksit anyonun ($O_2^{\cdot -}$) parçalanması reaksiyonusonucunda açığa çıkan hidrojen peroksit (H_2O_2) hücreye zarar vermemesi amacı ile ortamdan uzaklaştırılmalıdır (Imlay ve Linn, 1988).Artan hidrojen peroksit (H_2O_2) seviyesi katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH) enzimleri tarafından etkisiz hale getirilmek amacıyla bu antioksidant enzimlerin seviyelerinde artış gerçekleşmektedir.Glioksizomlarda ve peroksizomlarda oluşan hidrojen peroksit (H_2O_2) radikali katalaz (CAT) enzim aktivitesinin artmasıyla suya (H_2O) ve oksijene (O_2) dönüştürülmektedir (Shigeoka ve ark., 2002; Srivalli ve ark., 2003). Glutatyon peroksidaz enzimi (GSH-Px), glutatyon yardımı ile hidrojen peroksit (H_2O_2), organik hidroperoksitler ve lipid peroksitlerin indirgenmesini katalize ederek bitkileri stres koşullarında oluşan hasardan korunmaktadır (Noctor ve ark., 2002).

Bu araştırmada belirlenen farklı kuraklık düzeyleri ve selenyum uygulamalarının bitki büyüme kriterlerine ve antioksidant enzim aktivitelerine etkilerine ilişkin sonuçların tarla koşullarında yapılabilecek gübreleme, tarımsal mücadele ve sulama gibi kültürel işlemlerin de etkilerinin dahil edilebileceği araştırmalar ile daha ileri düzeye taşınabileceği ve bu konudaki çalışmalar için yararlı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abak, K., Sakin, M.,Karakullıkçu, S., 1990. Improvement of pumpkin for naked seeds. ***XXIII. International Horticultural Congress***, Italy, Abstracts Book 2, 3074.

Abbas, M. S., 2013. Low levels of selenium application attenuate low temperature stress in sorghum [*Sorghum Bicolor* (L.) Moench.] seedlings. ***Pak. J. Bot.***, **45** (5): 1597-1604.

Abdalla, M.M., El-Khoshiban, N.H., 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticium Aestivum* cultivars. ***Journal of Applied Sciences Research***, **3** (12): 2062-2074.

Abedi, T., H, Pakniyat, H., 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). ***Czech J. Genet. Plant Breed.,*** **46** (1): 27–34.

Akbulut, M., Cakir, S., 2010. The effects of Se Phytotoxicity on the antioxidant systems of leaf tissues in barley (*Hordeum Vulgare L.)* seedlings. ***Plant Physiol and Biochem***,**48**: 160–166.

Akkuş, İ., 1995. Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri. ***Mimoza Yayınları***, **38** (5) : 1-123

Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. and Karanov, E., 2001. The effect of drought ultraviolet radiation on growth and stres markers in pea and wheat. ***Plant, Cella and Environment,*** **24** (12): 1337-1344.

Allen, L. H., Boote, K. J., Hammond, L. C., 1976. Peanut stomatal diffusive resistance affected by soil water and solar radiation***. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla.,*** **35**: 42-43

Almaghrabi, O. A., 2012. Impact of drought stress on germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. ***Life Sci. J.,*** **9** (1): 590-598.

Alparslan. M., Güneş, A., İnal, A., 2005. ***Deneme Tekniği***. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın no: 1543. Ders kitabı:496.

Alscher R. G., Erturk N., Heath L. S. 2002. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. ***Journal of Experimental Botany***, **53**: 1331-1341.

Altınışık, M., 2016. Serbest oksijen radikalleri ve antioksidanlar. ***http://www.mustafaaltisik.org.uk/21-adsem-01.pdf***. Erişim Tarihi: 09.04.2015.

Ames, B. N., Shigenaga, M. K., Hagen, T. M., 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. ***Proc. Natl. Acad. Sci***., **90**: 7915-7922.

Anderson, M. S., 1961. ***Selenium in Agriculture Handbook***. N: 200.

Anonim, 1983. ***Selenium in Nutrient Revised Ed.,*** Washington.

Anonim, 2006. Kabak yetiştiriciliği. ***http://www.osmaniyetarim.gov.tr/yetis/detay.asp.islem=0101030236.*** Erişim Tarihi:9 Nisan 2016.

Anonim, 2013. United nations office on drugs and crime. ***World Drug Report***, Vienna, Austria.

Anonim, 2016,. ***http://.gidaraporu.com/kabak-balkabagi-kabakcekirdegi.g.htm+kabak*** Erişim Tarihi:9 Nisan 2016.

Apel, K., Hirt, H., 2004. Reactive oxygen species: metabolis, oxidative stress and signal transduction. ***Annu. Rev. Plant Biol.,*** **55**: 99-373.

Asada, K. 1994. Production and action of active oxygen in photosynthetic tissue. - *ın* causes of photooxidatives stress and amelioration of defense systems in plants (*C. H. Foyer* and *P M. Mullineaux,* Eds). ***Crc. Press, Boca Raton***, Pp. 77-104. Fl. Isbn 0-8493-5443-9.

Asada, K., 1999. The water- water cycle in chloroplasts: scavening of active oxygens and dissipation of excess photons***. Ann. Rev. Plant Physoil. Plant Mol. Biol***., **50**: 601-639.

Ashraf, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. ***Critical Reviews in Plant Science,*** **13** (1): 17-42.

Asraf, M., Iram, A., 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. ***Flora,*** 200: 535–546.

Ayaz, A., 2008. ***Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri***. Sağlık Bakanlığı Yayınları. Yayın No: **727**. Ankara.

Bakalova, S., Nikolova, A., Nedeva, D., 2004. Isoenzyme profiles of peroxidase, catalase and superoxide dismutase as affected by dehydration stress and ABA during germination of wheat seeds. ***Bulgarian Journal of Plant Physiology,*** **30**: 64-77.

Bassett, M. J., 1986. Breeding vegetable Crops. ***The Avi Puplishing Company Inc.*** Vegatable Cropc Departmet University of Florida, Gainesville, Florida.

Beauchamp, C., Fridovich, I., 1971, Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. ***Anal. Bioche.,*** **44**: 276-287.

Begg, J. E., Turner, N. C., 1976. Crop water deficits. ***Adv. Agnon., 28***: 161-217.

Bergmeyer, N., 1970, Methoden der enzymatischen analyse. ***Akademie Verlag***., **1:** 636.

Berlett, B. S., Stadtman, E.R.,1997. Protein oxidantion in aging, disease and oxidative stress. ***J. Biol. Chem.,*** **272**: 20313-20316.

Bisognin, D. A., 2002. Origin and evolution of cultivated cucurbits. ***Ciencia Rural.,*** **32** (5): 715-723.

Blum, A., 1986. Breeding crop varieties for stress environments. ***Critical Reviews in Plant Science.,*** 199-237.

Bouyoucous, G.J., 1951. A reclibration of hydrometer method for making mechanical analiysis of soils. ***Agronomy Journal,*** **43**: 434-438.

Bowler, C., Van Camp, W., Van Montagu, M., Inze, D., 1994. Superoxide dismutases in plants. ***Crit. Rev. Plant Sci.,*** **13**: 199-218.

Brenneisen, P., Steinbrenner, H., Sies, H., 2005. Selenium, oxidative stres, and health aspects. ***Mol. Aspects Med***., **26** (4-5): 256-67.

Brown, K. M., Arthur, J. R., 2001. Selenium, selenoproteins and human health: a review. ***Public Health Nutr***., **4**: 593-599.

Cartes P., Gianfreda L., Mora M. L., 2005. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as a selenate and selenite forms. ***Plant and Soil***, **276**: 359–367. doi:10.1007/s11104-005-5691-9

Cartes, P., Jara, A. A., Pinilla, L., Rosas, A., Mora, M. L., 2010. Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots. ***Annals of Applied Biology,*** **156** (2): 297–307.

ChangQuan, W., Bing, L., Jin, Z., Xizhou, Z., 2004. Effect of combined application of selenium and sulfur on nutrition function of garlic. ***Plant Nutrition and Fertilizer Scienc,*** **10** (2): 206-211.

Chen, .F., Zheng, W.J., Wong,Y.S., Yang, F., 2008. Se-induced changes in activities of antioxidant enzymes and content of photosynthetic pigments in *Spirulina Platensis*. ***J. Integr. Plant Biol,*** **50**: 40-48.

Cornelli, U., 2009. Antioxidant use in nutraceuticals. ***Clinics in Dermatology***, **27** (2): 175-194.

Cross, C. E., Halliwel, B., Borish, E. T., 1987. ***Ann İntern Med,*** **107**: 526- 545.7

Çakır S., 2007.***Selenyum Toksisitesinin İki Arpa (Hordeum Vulgare) Çeşidinde (Tarm 92, Bülbül 89) Antioksidan Enzim Aktivitesine Etkisi***. (yüksek lisans tezi, basılmamış) Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Çırak, C., Esendal, E., 2006. Soyada kuraklık stresi. ***OMÜ Zir. Fak. Dergisi (J. of Fac. of Agric.)***, **21** (2): 231-237.

Del Rio L. A., Corpas F. J., Sandalio L. M., Palma J. M., Gomez M., 2002. Reactive oxygen species, antioxidant systems and nitric oxide in peroxisomes. ***Journal of Experimental Botany***, **53**: 1255-1572.

Di Mascio, P., Murphy, M. E., Sies, H.,1991. Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. ***The American journal of clinical nutrition,*** **53** (1): 194-200.

Dikilitas, M., Karakas, S., 2012. Behaviour of plant pathogens for crops under stress during the determination of physiological, biochemical, and molecular approaches for salt stress tolerance. ***Crop Production for Agricultural Improvemen.,*** 417-441. Springer Netherlands.

Djanaguiraman, M., Durga, D., Shanker, A. K., 2005. Selenium-an antioxidative protectant in soybean during senescence. ***Plant Soil,*** **272**: 77-86.

Duthie, G. G., Wahle, K. W. J., James, W. P. T.,1989. Oxidants, antioxidants and cardiovascular disease. ***Nutrition research reviews***, **2** (1): 51-62.

Düzeltir, B., 2004. ***Çekirdek Kabağı (Cucurbita pepo L.) Hatlarında Morfolojik Özelliklere Göre Tanımlama ve Seleksiyon Çalışmaları***. (yüksek lisans tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sf 76. Ankara.

Ellis, R. H., Barrett, S., 1994. Alternating temperatures and rate of seed germination in lentil. ***Annals of Botany***, 74: 519–524.

Eriş, A., 1990. ***Bahçe Bitkileri Fizyolojisi.*** U.Ü.Z.F. Yay. Ders notları. No:11, Bursa.

Ervasti, J. M., and Campbell, K. P., 1991 . Membrane organization of the dystrophin-glycoprotein complex. ***Cell,*** **66** (6): 1121-1131.

Eurola, M. H., Ekholm, P. I., Ylinen, M.E., Koivistoinen, P. E., Varo, P. T., 2006. ***Selenium In Finnish Foods After Beginning The Use Of Selenate-Supplemented Fertilisers***. Finland.

Ezberci., F., İmrek, E., Kurutaş, E. B. ve İmrek, S., 2006. Sıçanlarda karıniçi yapışıkları önlemede intraperitoneal katalazın etkisi. ***Vakıf Gureba Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi,*** **4** (2): 50-54.

FAO, 2012. ***http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx*** Erişim tarihi: 10 Haziran 2016.

FAO, 2013. ***http://www.fao.org/statistics/en/*** Erişim tarihi: 10 Haziran 2016.

Farah, S. M., 1981. An examination of the effects of water stress on leaf growth of crops of field beans (*Vicia Faba* L.) crop growth and yield. ***J. Agric. Sci. Camb.,*** **96**: 327-336.

Fazeli, F., Ghorbanli, M., Niknam, V., 2007. Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars***. Biol. Plant.*** **51**: 98-103.

Feng, R., Wei, C., Tu, S., 2013. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. ***Environmental and Experimental Botany***, **87**:58-68.

Foyer, C. H., Fletcher, J. M., 2001. Plant antioxidants: colour me healty. ***Biologist,*** **48**: 115-120.

Fu, J., Huang, B., 2001. Antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress. environmental and experimental. ***Botany***, **45**: 105–114.

Gandar, P. W., C. B. Tanner, 1976. Leaf growth, tuber growth and water potential in potatoes. ***Crop Sci.,*** **16**: 344- 338.

Germ, M., Stibilj, V., Kreft, I., 2007a. Metabolic importance of selenium for plants. ***Eur. J. Plant Sci. Biotechnol***, **1** (1): 91-97.

Germ, M., Stibilj, V., Osvald, J., Kreft, I. 2007b. Effect of selenium foliar application on chicory (*Cichorium İntybus* L.). ***J. Agric. Food Chem***., **55**: 795–798.

Gosselin, B., Mondy, N. I., Ewans, W. D.,1988. Effects of method of irregation on total glycoalkaloid and nitrate-nitrojen content of Rosa potatoes. ***Amer. Potato J.,* 65**: 99-103.

Gökbulut, T., 2010. ***Bazı Buğday Çeşitlerinde Selenyum Birikimi ve Selenyum Toksisitesinin Antioksidan Enzim Aktivitesine Etkisi***. (yüksek lisans tezi, basılmamış). Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Göksoy, A.T., Turan, Z.M., 1991. Kuraklığın bitki fizyolojisi ve morfolojisi üzerine etkileri***. U.Ü.Z.F. Dergisi***, **8**: 189-199.

Güler, A, Avcıoğlu, R., 2004. Bitkilerde strese dayanıklılık fizyolojisi. ***Bitki Biyoteknolojisi,* 2**: 288-326.

Günay, A., 2005. ***Sebze Yetiştiriliciği.*** ISBN 975-00725-2-9:187

Gürbüz, A., Kaya, M., Türkan, A., Kaya, G., Kaya, M., ve Çiftçi, C., 2009. Bazı nohut (Cicer arietinum L.) çeşitlerinde tane iriliği ve kuraklık stresinin çimlenme özelliklerine etkisi. ***Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22** (1): 69-74.

Habibi, G., 2013. ***Effect Of Drought Stres and Selenium Spraying On Photosynthesis And Antioxidant Activity Of Spring Barley***. Payame Noor Universty. Tehran. Iran

Halilova, H. A., Sözüdoğru Ok, S., 2000. Selenyum elementinin biojeokimyası. ***Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tok Dergisi.*** Temmuz-Ağustos S. 134, Ankara.

Halilova, H. A., 1974. ***Soderjeniye Selena V Poçvah Irasteniyah Letnih İzzimnih Past Lis Severo-Vostoçnoy Çasti Bolşogokazkaza Kandidatskaya Dissert.*** Bakü.

Halliwell, B., Gutteridge, J. M., 1990. ***Methods Enzymology,* 186**:1-85.

Harmankaya, M., 2009. ***Orta Anadolu Bölgesinde Toprakların ve Buğdayın Selenyum Düzeyinin Belirlenmesi ve Selenyum Gübrelemesine Farklı Buğday Genotiplerinin Tepkisinin Araştırılması.*** (doktora tezi, basılmamış). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Konya.

Hartikainen, H., Xue, T., Piironen, V., 2000. Selenium as an anti-Oxidant and pro-oxidant in ryegrass. ***Plant and Soil*, 225** (1-2): 193-200.

Hawrylak-Nowak, B., 2008. Effect of selenium on selected macronutrients in maize plants. ***Journal of Elementology*, 13** (4): 513-519. ISO 690

Hawrylak-Nowak, B., 2009. Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress. ***Biol. Trace Elem. Res.,* 132**: 259–269.

Heikal, M. M., Shaddad, M. A., Ahmed, A. M., 1981. Effect of water stress and gibberellic acid on germination of flax, sesame and onion seed. ***Biological Plantarum***, **24** (2): 124-129.

Helena, M., Carvalho, C. D., 2008. Drought stress and reactive oxygen species. ***Plant Signaling & Behavior,*** **3** (3): 156-165.

Higashi, T., Kawamata, F., Sakamoto, T., 1974. Studies on rat liver catalase. VII. double-labeling of catalase by 14C-leucine and 3H-daminolevulinic acid. ***J. Biochem***., **76**: 703-708. Tokyo.

Hu, Q. H., Xu, J., Pang, G. X., 2003. Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring. ***J. Agric. Food Chem***., **51**: 3379–3381.

Hurst, R., Bao, Y., Jemth, P., Mannervi B., Williamson, G., 1997. Phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase activity of rat class theta glutathione transferase T2-2. ***Biochem. Soc. Trans***., **25**: 559

Imlay, J.A., Linn, S., 1988. DNA damage and oxygen radical toxicity. ***Science,*** **240**: 1302-1309.

İnan, N., 2008. ***Çekirdek Kabaklarında Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyon***. (yüksek lisans tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Adana.

Jaemoon, H., Migyung, L., Hyuntae, H., 2001. Effect of selenium application dosage and methods on selenium and mineral contents in garlic. ***Korean Journal of Horticultural Sciencetechnology***, **19** (4): 465-470.

Jeffery, C., 1990. Sistematics of the Cucurbitaceae. in: Bates. ***D.M. Tropical East Africa,*** **4**: 157. Whitefriabs Pres Ltd. London and Tonbridge.

Jesberger, J. A.,, Richardson, J. S., 2009. Oxygen free radicals and brain dysfunction. ***International journal of neuroscien.***

Jones, G. L., Masters, C. Y., 1976. On the comparative characteristics of mammalian catalases. ***Biochemistry and Molecular Biology,*** **55** (4): 511-518.

Jung, B. G., Lee, K. O., Lee, S. S., Chi, Y. H., Jang, H. H., Kang, S. S., Lee, K., Lim, D., Yoon, S. C., Yun, D. J., Inoue, Y., Cho M. J., Lee, S. Y. A., 2002. Chinese cabbage cdna with high sequence identity to phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidases encodes a novel isoform of thioredoxin-dependent peroxidase. ***J. Biol. Chem***., **277**:12572-12578.

Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2013. ***Bitki Fizyolojisi***. Nobel Akademik Yayıncılık (Baskı: 5), No: 608. 485s. Ankara.

Kacar., B., 1994., ***Toprak Analizleri*.** Nobel yayın No: 1387. Frn Bilimleri: 90, ISBN 978-605-395-184-1, 467.

Kalefetoğlu, T., Emekçi, Y., 2005. The Effect of drought on plants and tolerance mechanisms. ***G.U. Journal Science***, 723-740.

Karadağ, F., 2013. ***Farklı Dozlarda Selenyum Uygulamalarının Haşhaş (Papaver Somniferum L.) Yapraklarında Antioksidan Enzimler Üzerine Etkisi.*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Tokat.

Karadoğan, T., 1990. ***Farklı Gelişme Dönemlerinde Değişik Seviyelerde Sulama ve Su Kesme Zamanlarının Patatesin Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri Üzerine Bir Araştırma***. (doktora tezi, basılmamış). Atatürk Üniv., Fen Bilimleri Enst., Erzurum.

Karakas, B., Ozias- Akins, P., Stushnoff, C., Suefferheld, M., Rieger, M., 1997. Salinity and drought tolerance of mannitol accumulating transgenic tabacco. ***Plant, Cell and Environment***, **20**: 609-616.

Kaur, C., Kapoor, H. C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables–the millennium's health. ***International Journal Of Food Science & Technology,*** **36** (7): 703-725.

Kessler, B., 1961. Nucleic asids as factors in drought resistance of higher plants***. Recent Advan. Bot.,*** 1153-1159.

Ketring, D. L., Simpson, C. E., Smith, O. D., 1978. Physiology of oilseeds: VII. growing season and location effects on seedling vigor and ethylene production by seeds of three preanut cultivars. ***Crop Sci.,*** **17**: 409-413.

Khattab, M., 2004. ***Metabolic and Oxidative Responses Associated with Exposure Of Eruca Sativa (Rocket) Plants to Different Levels Of Selenium***.

Kılınç, Y., 2011. ***Tescilli Haşhaş (Papaver Somniferum L.) Çeşitlerinde Su Stresini Antioksidant Enzimler Üzerine Etkisi*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Tokat, Türkiye.

Kıran, S., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş., Kuşvuran, Ş., 2014. Kuraklık stresi uygulanan kavun genotiplerinde bazı fizyolojik değişimler üzerine araştırmalar. ***Toprak Su Dergisi-Soil Water Journal*, 3** (1):53-58.

Koç, M., 2004. ***Diyarbakır Koşullarında Bazı Kırmızı Mercimek (Lens Culinaris medik.) Çeşit ve Hatlarında Verim ve Verimle İlgili Özelliklerin Saptanması.*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Adana, 43s.

Kong, L. G., Wang, M., Bi, D. L., 2005. Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress. ***Plant Growth Regul.*, 45**: 155–163. doi:10.1007/s10725-005-1893-7

Kopáni, M., Celec, P., Danišovič, L., Michalka, P., Biró, C., 2006. Oxidative stress and electron spin resonance. ***Clinica chimica acta,* 364** (1): 61-66.

Korenovska, M., 2006. Determination of arsenic, antimony, and selenium by fihg-aas in foods consumed in Slovakia. ***J. Food Nutr. Res.*, 45**: 84–88.

Kovalskiy, V. V. Yermakov, V. J., 1967. ***Biogeokimiçeskaya selenovaya provinsiya.*** Geokimya N1.

Kozlowski, T. T., Pallardy, S. G., 1997. Physiology of woody plants. ***Academic Press.*** San Diego.

Kreft, S., Strukelj, B,. Gaberscik, A., Kreft, I., 2002, Rutin in Buckwheat Herbs Grown at Different UV-B Radiation Levels: Comparison of Two UV Spectrophotometric and An HPLC Method. ***Journal of Experimental Botany*, 53** (375): 1801-1804.

Kruyt, H. R.,1909. ***Anorg. Chemic. Bd.* 1**:305.

Kuşvuran, Ş, 2010. ***Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar***. (doktora tezi, basılmamış), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.

Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., Abak, K., 2008a. Farklı bamya genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. ***VII. Sebze Tarımı Sempozyumu***. 26-29 Ağustos, Yalova,.Türkiye, 329-333.

Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., Abak, K., 2008b. Kavunda kuraklık çalışmalarında kullanılan peg 6000 dozunun belirlenmesi üzerine bir araştırma. ***VII. Sebze Tarımı Sempozyumu***. 26-29 Ağustos. Yalova.

Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., Abak, K., 2011. Farklı kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. ***Y.Y.Ü. Tar Bil Dergisi (Yyu J Agr Sci),*** **21** (3): 209-219.

Kutlu, I., Kinaci, G., 2010. Evalotion of drought resistance indicates for yield and it's components in three triticale cultivars. ***Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,*** **7** (2): 95-103.

Kuznetsov, V. V., Kholodova, V. P., Kuznetsov, V. V., Yagodin, B. A., 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. ***Dokl. Biol. Sci***., **390**: 266–268.

Lanir, A., and Schejter, A., 1975. On the sixth coordination position of beef liver catalase. ***F.E.B.S. Letters,*** **55** (1): 254-256.

Larson, R. A., 1988. The antioxidants of higher plants. ***Phytochemistry.*** **27** (4): 969-978.

Lawlor, D. W., 2002. Limitation to photosynthesis in water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. ***Ann. Bot***., **89**: 1-15.

Lazos, E.S., 1986. Nutritional fatty acid and oil characteristic at pumpkin and melon seeds. ***Journal of Food Science***, **51** (5): 1382-1383.

Levitt, J.,1980. Responce of plants to environmental stress. ***Acedemic Pres.,*** Orlando.

Li, L., Staden, J. V., 1998. Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in callus of two maize cultivars subjected to water stress. ***Plant Growth Regulation,*** **24**: 55-66.

Lichtenthaler, H. K., 1996. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. ***J. Plant Physiol.*** **148**: 4-14.

Li-Ping, B., Fang-Gong, S., Ti-Da, G., Zhao-Hui, S., Yin-Yan, L., Guang-Sheng,Z., 2006. Effect of soil drought stress on leaf water status, membrane permeability and enzymatic antioxidant system of maize. ***Pedosphere.,*** **16** (3): 326-332.

Liu, Z. J., Xie, X., Du, J., Sun, J., and Bai, X., 2008. Effects of simultaneous drought and heat stress on kentucky bluegrass. ***Scientia Horticulturae,*** **115** (2): 190-195.

Liu, Z. J., Zhang, X. L., Bai, J. G., Suo, B. X., Xu, P. L., Wang, L., 2009. Exogenous paraquat changes antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in drought-stressed cucumber leaves. ***Science Hort.,*** **121 (**2): 138-143.

Ma, F. J., Li, D. D., Cai, J., Jiang, D., Cao, W. X., and Dai, T. B., 2012. Responses of wheat seedlings root growth and leaf photosynthesis to drought stress. ***The Journal of Applied Ecology***, **23** (3): 724-730.

Madhava-Rao, K. V. and Sresty, T. V. S., 2000, Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. **Plant Science, 157**: 113-128.

Mahajan, S., and Tuteja, N.,2005. Cold, Salinity and drought stresses: an overview. ***Archives of Biochemistry and Biophysics***, **444** (2): 139-158.

Maher, W., Roach, A., Doblin, M., Fan, T., Foster, S., Garrett, R., Moller, G., Oram, L., Wallschläger, D., 2010. Environmental sources, speciation, and partitioning of selenium. ***Ecological Assessment of Selenium in the Aquatic Environment.***. 47-92.

Mckersie, B. D., Bowley, S. R., Harjanto, E. and Leprince, O., 1996. Water-Deficit tolerance and field performance of transgenic alfalfa overexpressing superoxide dismutase. ***Plant Physiol. I. L. L.,*** 1177-1181.

McMurry, J., 2012. ***Química orgánica***. Cengage Learning Editores.

Menemencioğlu, Y. E., Emre, U., Candemir, A., Gülşen O., 2013. Kayseri'de çerezlik kabak üretiminin sosyo-ekonomik, yetiştiricilik ve pazarlama durumu açısından incelenmesi. ***Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi***, **29** (3):220-226

Miller, G., Suzuki, N., Ciftci-Yilmaz, S., Mittler, R., 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stress. ***Plant Cell and Environment,*** **33**: 453-467.

Mills ,E. M., Takeda, K., Yu, Z. X., 1998. ***Biol. Chem.,*** **273**: 22165-8.

Molnárová, M., Fargasová, A., 2009. Se (IV) phytotoxicity for monocotyledonae cereals (*Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L.) and dicotyledonae crops (*Sinapisalba* L., *Brassica napus* L.). ***Journal of Hazardous Materials***, **172**: 854–861.

Montillet J. L., Chamnogpol S., Rustérucci C., Dat J., Van De Cotte B., Agnel J. P. and Triantaphylides C., 2005. Fatty acid hypersensitive and H_2O_2 in the execution of hypersensitive cell death in tobacco leaves. ***Plant Physiology,*** **138**: 1516–1526.

Möller, I. M., 2001. Plant mitokondria and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover and metabolism of reactive oxygen species***. Annu. Rev. Plant Phys,* 52**: 561-591.

Müftüoğlu, O., 2003. ***Yaşasın Hayat***. Doğan Kitapçılık, İstanbul

Nagarajan, S. and Bansal, K. C., 1991. Growth and distribution of dry matter in a drought tolerant and susceptiple potato cultivar under normal and water deficit condition. J. ***Agron. and Crop Sci.,* 167**: 112-118.

Nazan İ., 2008. ***Çekirdek Kabaklarında Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyon.*** (yüksek lisans tezi basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Adana

Nee, M., 1990. The domestication of Cucurbita (*Cucurbitaceae*). ***Econ Bot***.(supplement): 56-68

Neumann, P. M., Volkenburg, E. V., Cleland, R. E., 1988. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility. ***Plant Physiol.,* 88**: 233-237.

Nicholls, P., Fita, I., Loewen, P. C., 2000. Enzymology and Structure of Catalases**.** ***Advances in Inorganic Chemistry***, **51**: 51-106.

Niyogi, K. K., 1999. Photoprotection revisited: genetic amd molecular approaches. ***Annu. Rev. Phys***., **50**: 333-382.

Noctor, G., Gomez, L., Vanacker, H., Foyer, C. H., 2002. Interactions between biosynthesis, compartmentation and transport in the control of glutathione homeostasis and signalling, ***J. Exp. Bot.,* 53**: 1283-1304.

Nowak, B. H., 2009. Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress. ***Biol Trace Elem Res.,* 132** (1-3): 259-269.

Olsen, S. R., Cole, C.V., Watanabe, F. S: and Dean, L. A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by exaction vith sodium bicarbonate. ***U.S. Dept. Of. Agric. Cir.*** 939. Washington. DC.

Öztürk, A., Akten, Ş., 1996. Buğday ve Kuraklık Stresi. ***Atatürk Ü. Zir. Fak. Der***., **27** (1) 163-176.

Öztürk, M. A., Seçmen, Ö., 1992. ***Bitki Ekolojisi.*** E. Ü. Fen Fak. Yay. No: 141, İzmir.

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 Regulation,*** **49** (2-3): 157-165.

Paris, H. S., Daunay, M.C., Pitrat, M. Janick, J. 2006. First known image Cucurbita in Europe, 1505-1508. ***Annals of Botany***, **98**: 41-47.

Pellegrini, N., Miglio, C., Del Rio, D., Salvatore, S., Serafini, M., Brighenti, F.,2009. Effect of domestic cooking methods on the total antioxidant capacity of vegetables. ***International Journal of Food Sciences and Nutrition,*** **60** (2): 12-22.

Peltzer, D., Dreyer, E., Polle, A., 2002. Temperature dependecies of antioxidative enzymes in two contrasting species. ***Plant Physiol Biochem.,*** **40**: 141-150.

Perkins, A. T. And King, H. H., 1938. Selenium and tenmarg wheat. ***Jour. Amer. Soc. Agro.,*** **30**: 664-667.

Pomsyk, M. M., Kontek, R., Janas, K. M., 2009. Antioxidant enzymes activityand phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. ***Ecotoxicology and Environmental Safety***, **72**: 6-602.

Prabha, D., Sivakumar, S., Subbhuraam, C. V., Son, H. K., 2013. ***Responses of portulaca oleracea linn. to selenium exposure department of environmental sciences***. Bharathiar University, Coimbatore, India.

Quessada, M. P., Macheix J. J., 1984. Caracterisation d'une peroxidase implique specifiquement dans la lignification, en relation avec l'incompatibilite au greffage chez l'abricotier. ***Physiol. Veg.*** **22**: 533-540.

Razi, H., Asad, M. T., 1998. Evaluation of variation of agronomic traits and water stress tolerant in sunflower conditions. ***Agricultural and Natural Resources Sciences***, **2**: 31-43.

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., Vivekanandan, M., 2004. Drought-İnduced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. ***Journal of Plant Physiology***. **161**: 1189–1202.

Rencüzoğulları, N., 2006. ***Ratlarda Deneysel Olarak Oluşturulan Kadmiyum Toksikasyonu Üzerine Likopenin Etkilerinin Araştırılması***. (yüksek lisans tezi, basılmamış*)* M. K. Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyokimya (Vet) Anabilim Dalı.

Richards, L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. ***United Satates Department of Agriculture Handbook.*** 60: 90.

Richards, L. A., 1965. Soil condition of water in soils. methods of soil anlysis. Part 1, C.A. Black editorin Chief, Agronomy. ***Am. Soc. Agron. Inc***., **9**: 128-152. Madison, Winsconsin, USA.

Rios, J. J., Blasco, B., Cervilla, L.M., Rosales, M.A., Sanchez-Rodriguez, E., Romero, L., Ruiz, J.M., 2009. Production and detoxification of H_2O_2 in lettuce plants exposed to selenium. ***Ann. Appl. Biol.***, **154**: 107–116.

Robertson, D. E., 2004. ***Catalases***. U.S.P. no: 20040005655.

Robinson, R.W., Decker-Walters D.S., 1997. ***Cucurbits***. In: Crop Production Department of Horticultural Science. Cornell Univ. and D.S.DECKER-WALTERS, The Cucurbit Network U.S.A.

Rose, A. W., Hawklift, Webb, J.S. Al.,1979. Geochemistry in mineral. ***Expolarti*** on p: 572-573. London. Academic Press.

Saffaryazdı, A., Lahouti, M., Ganjeali, A., Bayat, H., 2012. ***Impact of Selenium Supplementation on Growth and Selenium Accumulation on Spinach (Spinacia Oleracea L.) Plants.*** Ferdowsi University of Mashhad. Faculty of Science. Department of Biology. Mashhad. Iran.

Sairam, K., Deshmukh, P. S. and Shukla, D. S., 1997. Xolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. ***Aeronomy and Crop Science,*** **178:** 171-178. Btackwell Wissenschafts-Verlag. Berlin.

Sairam, R. K., Deshmuskh, P. S., Saxena, D. C., 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerance to water strees. ***Biol. Plant.,*** **41**: 387-394.

Sairem, R. K., Srivastava, G. C., Agarwal, S., Meena, R. C., 2005. Differences in antioxiant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. ***Biol. Plant,*** **49**: 85-91.

Sakuri, N., Kuraishi, S., 1988. Water potential and mechanical properties of the cell wall of hypocotyls of dark grown squash (*Cucurbita Maxima Duch*.) under water stress conditions. ***Plant Cell Physiol***., **29**: 1337- 1343.

Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvan, R., 2008. Relative efficacy of water use in five varieties of

Abelmoschus Esculentus (L.) moench. under water limited conditions. ***Biointerfaces***, **62**: 125-129.

Saxena, N. P., Johansen, C., Saxena, M.C., Silim, S. N., 1993**.** Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes. ***Breeding for stres tolerance in cool-season food legumes.*** (In: K.B. Singh and M.C. Saxena Eds.) United Kingdom. p.245-270.

Scandalious, J. G., 1993. Oxygen stress and superoxide dismutase. ***Plant Physiology,*** **101**: 7-12

Scharrer, K., Schropp, W., 1950. Sand und wasserkulturversuche mit selen und tellur. z. pflanzenernahrung düng. ***Bodenk,*** **50**: 187-202.

Sekmen, H., Türkan, A., Takio, S., 2007. Differential responses of antioxidative enzymes and lipid peroxidation to salt stress in salt-tolerant *Plantago Maritima* and salt-sensitive plantago media. ***Physiologia Plantarum***, **131** (3): 399-411.

Sharma, P., Dubey, R. S., 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. ***Plant Grow. Reg,.*** **46**: 209-21.

Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamol, M., Miyagawa, Y., Takeda, T., Yabuta, Y., Yoshimura, K., 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidaseisoenzymes, ***Journal of Experimental Botany,*** **53**: 1305-1319.

Shrift, A., Ulrich, J. M., 1969. Transport of selenite and selenate into astrogalus roots. ***Plant Physiol***, **44**: 893-896.

Skirycz, A., Claeys, H., De Bodt, S., Oikawa, A., Shinoda, S., Andriankaja, M., Saito, K., 2011. Pause-and-stop: the effects of osmotic stress on cell proliferation during early leaf development in Arabidopsis and a role for ethylene signaling in cell cycle arrest. ***The Plant Cell***, **23** (5): 1876-1888.

Smiciklas, K. D., Mullen, Carlson, R. E., Knapp.A. D., 1992. soybean seed quality response to drought stress and pod position. ***Agron. J.,*** **84**: 166-170.

Smirnoff, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and dessication. ***New Phytologist,*** **125**: 27-58.

Smrkolj, P., Germ, M., Kreft, I., Stibilj, V., 2006. Respiratory potential and Se compounds in pea (*Pisum sativum* L.) plants grown from Se-enriched seeds. ***J. Exp. Bot.***, **57**: 3595– 3600. doi:10.1093/jxb/erl109

Smrkolj, P., Kreft, I., Stibilj, V., 2005. Selenium uptake and species distribution in peas after foliar treatment with selenate. proceedings twenty years of selenium fertilization. September 8-9. ***Agrifood Research Reports.*** **69**:106p, P.84.

Srivalli, B., Chinnusamy, V., Khanna-Chopra, R., 2003, Antioxidant defense inresponse to abiotic stresses in plants, ***J. Plant Biol.*** **30**: 121–139.

Srivastava, M., Maa, L. Q., Rathinasabapathib, B., Srivastava, P., 2009. Effects of selenium on arsenic uptake in arsenic hyperaccumulator *Pteris Vittata* L. ***Bioresour.*** Technol.

Stepleton, F., 2000. ***Roadside Mailbox Mail Delivery Signal***. U.S. Patent No. 6,065,671.

Steven-Mccarty, L., 1994***. Design and Application Of Dynamic Headspace Sampling System For The Study Of Bioremediation Of Toxic Metalloids By Bacteria***. (master of science (chemistry)). Sam Houston State University, Huntsville. Texas.

Stuart, A. G., 2006. Pumpkin seeds. ***http://www.herbalsafety.utep.edu/herbs.pdfs/pumpkin.pdf.*** Erişim Tarihi:9 Nisan 2016.

Suzuki K. T., Kurasaki K, Ogawa S, Suzuki N., 2006. Metabolic transformation of methylseleninic acid through key selenium intermediate selenide. ***Toxicol Appl. Pharmacol,*** **215**:189–97.

Swaine, A., 1962. ***The Trace-element content of fertilizers***. England.

Şimşek, M., Boydak, E., Gerçek, S., Halil, K., 2001. Harran ovası koşullarında farklı sulama ve sıra aralıklarında yağmurlama-damla sulama yöntemleriyle sulanan soya fasulyesinin su verim ilişkisinin saptanması**. A. Ü. Zir. Fak. Dergisi, 7** (3): 88-93.

Tadmor, N. H., M. Evenari, L. Shahan, 1970. Runnoff farming in the desert. ıv. survival and yields of perennial range plots. ***Agron. J***., **62**: 695-699.

Terry, N., Zayed, A.M., de Souza, M.P., Tarun, A.S., 2000. Selenium in higher plants***. Annu. Rev. Plant Physoil Mol. Biol.,*** **51**: 401-432.

Terzi, R. Kadıoğlu, A., 2006. Drought stress tolerance and the antıoxıdant enzyme system in *Ctenanthe Setos*. ***Acta Bıologıca Cracovıensıa Series Botanica***., **48** (2): 89–96.

Thomas, G. W., 1982., Exchangeable cations. ***Chemical and Microbiological properties Agronomy Monograph.*** No:7. P 159-165. (2nd Ed.) ASASSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Toprak, G., 2007. ***Cd (Iı) ve Cu (Iı) Ağır Metal Stresi Uygulanan P. Hanerochaate Chrysosporium' da Antioksidan Enzimlerde Değişen Miktarların Belirlenmesi.*** (yüksek lisans tezi, basılmamış). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Toprakkarıştıran, G., 1997. ***Çekirdek Kabaklarında Seleksiyon Islahı: 1. Döl Kademesinin Elde Edilmesi.*** (yüksek lisans tezi, basılmamış) Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 34 s.

Tos´-Luty, S., Obuchowska-Przebđrowska, A., Latuszynska, J., Musđk, I., Tokarska-Rodak., 2003. Comporison of histological and ultrastructural changes in mice organs after supplementation with inorganic and organic selenium. ***Ann Agric Environ Med.,*** **10**:87-91.

Tsuji, W., Ali, M. E. K, Inanaga, S., Sugimoto, Y., 2003. Growth and gas exchange of three sorghum cultivars under drought stres. ***Biomedical and Life Sciences,*** **46** (4): 583-587.

Tuik, 2015***. http://www.tuik.gov.tr/*** Erişim tarihi:15 Haziran 2016.

Turakainen, M., Hartikainen, H., P., Seppänen, M. M., 2004. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum L*.) growth and concentrations of soluble sugars and starch. ***Journal of Agricultural and Food Chemistry,*** **52**: 5378-5382

Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius Gray* and drought-sensitive *P. vulgaris L*. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. ***Plant Science, 168*** (1): 223-231.

Ülgen, N., Yurtsever, N., 1995. ***Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi***. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüüsü Yayınları, Genel yayın No: 209. Teknik Yayınlar no: 66. Ankara.

Van Camp, W, Bowler, C, Villaroel, R., Tsang, E. W. T, Van Montagn, M., Inze, D., 1991. Characterization of iron superoxide dismutase cdnas from plants obtained

by genetic complementation in *Escherichia Coli*. ***Proc. Natl. Acad. Sci.*** **87**: 9903-9907. USA:

Venkateswarlu, B., Grover, M., 2009. Can microbes help crops cope with climate change. ***Indian Journal of Microbiology***, **49** (3): 297-298.

Vural, H., Eşiyok, D., Duman, I., 2000. ***Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme).*** Bornova, Izmir, Turkey: Egean University Press.

Walkey, A., Black, I. A., 1934. An examination of degtrajareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. ***Soil Sci.,*** **7**: 29-38.

Wallschlager, D., Feldmann, J., 2010. Formation, occurrence, significance, and analysis of organoselenium and organotellurium compounds ***İn Life Sciences,*** **7**: 319-364.

Wang, W. B., Kim, Y. H., Lee, H. S., Kim, K. Y., Deng, X. P., Kwak, S. S., 2009. Analysis of antioxidant enyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stress. ***Plant Physiology and Biochemistry,*** **47**: 570-577.

Whittaker, T. W., Bemis, W. P., 1975. Orijin and evolution of the cultivated Cucurbita. ***Bull Torrey Bot Club,*** **102**: 362-368.

Wilson, H. D., Doebley, J., Duvall, M. 1992. Chloroplast DNA diversity among wild and cultivated members of Cucurbita (Cucurbitaceae). ***Theor Apply Genet,*** **84**: 859-865.

Winkel, L. H. E., Johnson, C. A., Lenz, M., Grundl, T., Leupin, O. X., Amini, M., Charlet, L., 2012. Environmental selenium research: from microscopic processes to global understanding. ***Environmental Science And Technology***, **46**: 571-657.

Xiao, X., Xu, X., Yang, F., 2008 . Adaptive responses to progressive drought stress in two Populus cathayana populations. ***Silva Fennica, 42*** (5): 705-719.

Xue, T., Hartikainen, H., Piironen, V., 2001 .Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce. ***Plant and Soil,*** **237**: 55–61. doi:10.1023/A:1013369804867

Yağmur, M., Kaydan, D., 2005. Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) 'te yapraktan gübrelemenin tane verimiyle bazı özellikler üzerine etkisi. ***Yüzüncü Yıl Üni. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.),*** **15** (1): 31-37.

Yanmaz, R., Düzeltir, B., 2003. ***Çekirdek kabağı yetiştiriciliği.*** Türk-Koop Ekin, Tarım Kredi Kooparatifi Merkez Bilgi Yayınları, **26**: 22-24.

Yanmaz, R., Tuncer, B., Eyduran, E. 2008. Çekirdek kabaklarında (*Cucurbita pepo* L.) meyve şekli ve ağırlığı ile tohum verimi ilişkisi. ***Türkiye III. Tohumculuk Kongresi***, s 47- 51, Nevşehir.

Yao, X., Chu, J., Wang, G., 2009a. Effects of drought stress and selenium supply on growth and physiological characteristics of wheat seedlings. ***Acta Physiologiae Plantarum***, **31** (5): 1031–1036.

Yao, X., Chu, J., Wang, G., 2009b. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. ***Biological Trace Element Research.*** **130** (3): 283–290.

Yermakov., V. V., 1966. ***Biogeokimiçeskaya selenovaya provinsiya Tuvi.*** Dissert. Kaud. Biolog. Nauk. Moskova.

Yıldıztugay, E., 2011. ***Endemik Centaurea Tuzgoluensıs Aytaç & H. Duman ve Centaurea Lycaonıca Boiss. & Heldr.' nın Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Tuz Stresinin Etkileri.*** (doktora tezi basılmamış). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Konya.

Yılmaz, S., 2006. ***Selenyum Uygulamalarının Arpada Selenyum, Kükürt ve Azot Alımına ve Aminoasit İçeriğine Etkisi.***(yüksek lisans tezi, basılmamış). Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Yin, C., Wang X., Duan, B., Luo, J., Li, C., 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric populus species as affected water stress. ***Enviromental and Experimaental Botany,*** **53**: 315-322.

Zeid, I. M., Shedeed, Z. A., 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. ***Biologia Plantarum,*** **50** (4): 635-640.

Zraidi, N., Pachner, M., Lelley, T., 2003. On the Genetics and histology of the hull-less character of styrian oil-pumpkin (*Cucurbita pepo* L.*).* ***Cucurbits Genetics Cooperative Report***, **26**: 57-61.

EKLER

Ek-1. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
K	.045	2	.023	.289	.752
Se	.069	3	.023	.296	.828
KxSe	.566	6	.094	1.207	.337
Hata	1.875	24	.078		
Toplam	17.250	36			
Genel	2.556	35			
a. R^2 = .266					

Ek-2. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	44.632	2	22.316	11.683	.000
Se	3.333	3	1.111	.582	.633
KxSe	15.720	6	2.620	1.372	.266
Hata	45.842	24	1.910		
Toplam	517.231	36			
Genel	109.527	35			
a. R^2 =.581					

Ek-3. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	432.185	2	216.093	143.292	.000
Se	6.403	3	2.134	1.415	.263
KxSe	63.106	6	10.518	6.974	.000
Hata	36.193	24	1.508		
Toplam	6065.810	36			
Genel	537.888	35			
a. R^2 = .933					

Ek-4. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	1828.133	2	914.067	300.126	.000
Se	86.604	3	28.868	9.479	.000
KxSe	34.473	6	5.746	1.886	.125
Hata	73.095	24	3.046		
Toplam	8442.855	36			
Genel	2022.305	35			
a. R^2 = ,964					

Ek-5. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	26.210	2	13.105	299.124	.000
Se	1.254	3	.418	9.544	.000
KxSe	.507	6	.085	1.929	.117
Hata	1.051	24	.044		
Toplam	121.375	36			
Genel	29.023	35			
a. R^2 = .964					

Ek-6. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	18.389	2	9.194	30.091	.000
Se	1.000	3	.333	1.091	.372
KxSe	1.167	6	.194	.636	.700
Hata	7.333	24	.306		
Toplam	1348.000	36			
Genel	27.889	35			
a. R^2 = .737					

Ek-7. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak alanına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	1799.384	2	899.692	21.964	.000
Se	218.029	3	72.676	1.774	.179
KxSe	1238.238	6	206.373	5.038	.002
Hata	983.091	24	40.962		
Toplam	95920.527	36			
Genel	4238.742	35			
a. R^2 = .768					

Ek-8. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	22.961	2	11.480	38.884	.000
Se	.401	3	.134	.453	.718
KxSe	.966	6	.161	.545	.769
Hata	7.086	24	.295		
Toplam	929.814	36			
Genel	31.414	35			
a. R^2 = .774					

Ek-9. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalasına (0-5) ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	13.389	2	6.694	48.200	.000
Se	.750	3	.250	1.800	.174
KxSe	.833	6	.139	1.000	.448
Hata	3.333	24	.139		
Toplam	45.000	36			
Genel	18.306	35			
a. R^2 = .818					

Ek-10. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	250.511	2	125.255	127.703	.000
Se	1.417	3	.472	.481	.698
KxSe	36.625	6	6.104	6.223	.000
Hata	23.540	24	.981		
Toplam	4611.080	36			
Genel	312.092	35			
a. R^2 = .925					

Ek-11. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	71.225	2	35.613	182.305	.000
Se	2.623	3	.874	4.476	.010
KxSe	15.545	6	2.591	13.263	.000
Hata	4.688	24	.195		
Toplam	363.863	36			
Genel	94.082	35			
a. R^2 = .950					

Ek-12. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	11.396	2	5.698	182.305	.000
Se	.420	3	.140	4.476	.012
KxSe	2.487	6	.415	13.263	.000
Hata	.750	24	.031		
Toplam	58.218	36			
Genel	15.053	35			
a. R^2 = .950					

Ek-13. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	60.498	2	30.249	92.208	.000
Se	2.794	3	.931	2.839	.059
KxSe	11.905	6	1.984	6.048	.001
Hata	7.873	24	.328		
Toplam	268.938	36			
Genel	83.070	35			
a. R^2 = .905					

Ek-14. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin SOD enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	2545.389	2	1272.694	1145.425	.000
Se	417.194	3	139.065	125.158	.000
KxSe	180.389	6	30.065	27.058	.000
Hata	26.667	24	1.111		
Toplam	12741.000	36			
Genel	3169.639	35			
a. R^2= .992					

Ek-15. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin CAT enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	984520.389	2	492260.194	210.520	.000
Se	294476.667	3	98158.889	41.979	.000
KxSe	70989.167	6	11831.528	5.060	.002
Hata	56119.333	24	2338.306		
Toplam	5113014.000	36			
Genel	1406105.556	35			
a. R^2 = .960					

Ek-16. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin GSH-Px enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	1133053.389	2	566526.694	381.357	.000
Se	141816.972	3	47272.324	31.821	.000
KxSe	87791.278	6	14631.880	9.849	.000
Hata	35653.333	24	1485.556		
Toplam	6182013.000	36			
Genel	1398314.972	35			
a. R^2 = .975					

Ek-17. Çeşit1 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin MDA aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	2756.222	2	1378.111	12403.000	.000
Se	411.639	3	137.213	1234.917	.000
KxSe	216.444	6	36.074	324.667	.000
Hata	2.667	24	.111		
Toplam	22385.000	36			
Genel	3386.972	35			
a. R^2 = .999					

Ek-18. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme oranına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	.219	2	.109	9.000	.001
Se	.097	3	.032	2.667	.071
KxSe	.142	6	.024	1.952	.113
Hata	.292	24	.012		
Toplam	31.000	36			
Genel	.750	35			
a. R^2 = .611					

Ek-19. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin çimlenme hızına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	174.699	2	87.349	64.944	.000
Se	5.057	3	1.686	1.253	.313
KxSe	24.208	6	4.035	3.000	.025
Hata	32.280	24	1.345		
Toplam	681.876	36			
Genel	236.244	35			
a. R^2 = .863					

Ek-20. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin bitki boyuna ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	1456.167	2	728.084	49.032	.000
Se	104.988	3	34.996	2.357	.097
KxSe	118.135	6	19.689	1.326	.284
Hata	356.380	24	14.849		
Toplam	18219.750	36			
Genel	2035.670	35			
a. R^2= .825					

Ek-21. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	2911.098	2	1455.549	865.899	.000
Se	59.506	3	19.835	11.800	.000
KxSe	112.869	6	18.811	11.191	.000
Hata	40.343	24	1.681		
Toplam	13733.847	36			
Genel	3123.817	35			
a. R^2 = .987					

Ek-22. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yeşil aksam kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	40.591	2	20.295	537.741	.000
Se	.259	3	.086	2.291	.104
KxSe	1.934	6	.322	8.542	.000
Hata	.906	24	.038		
Toplam	194.488	36			
Genel	43.690	35			
a. R^2 = .979					

Ek-23. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak sayısına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	41.722	2	20.861	23.469	.000
Se	4.444	3	1.481	1.667	.201
KxSe	5.389	6	.898	1.010	.442
Hata	21.333	24	.889		
Toplam	2068.000	36			
Genel	72.889	35			
a. R^2 = .707					

Ek-24. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin yaprak alanına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	4273.318	2	2136.659	162.789	.000
Se	1478.789	3	492.930	37.556	.000
KxSe	2148.767	6	358.128	27.285	.000
Hata	315.008	24	13.125		
Toplam	132031.898	36			
Genel	8215.882	35			
a. R^2 = .962					

Ek-25. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin gövde çapına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	7.934	2	3.967	23.697	.000
Se	.286	3	.095	.569	.641
KxSe	4.332	6	.722	4.313	.004
Hata	4.018	24	.167		
Toplam	897.671	36			
Genel	16.570	35			
a. R^2 = .758					

Ek-26. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kuraklık hasarı skalasına (0-5) ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	23.722	2	11.861	42.700	.000
Se	.972	3	.324	1.167	.343
KxSe	.944	6	.157	.567	.753
Hata	6.667	24	.278		
Toplam	79.000	36			
Genel	32.306	35			
a. R^2 = ,794					

Ek-27. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	635.350	2	317.675	153.451	.000
Se	11.320	3	3.773	1.823	.170
KxSe	62.257	6	10.376	5.012	.002
Hata	49.685	24	2.070		
Toplam	6841.313	36			
Genel	758.612	35			
a. R^2 = .935					

Ek-28. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	77.262	2	38.631	383.116	.000
Se	9.627	3	3.209	31.826	.000
KxSe	4.058	6	.676	6.708	.000
Hata	2.420	24	.101		
Toplam	430.090	36			
Genel	93.367	35			
a. R^2 = .974					

Ek-29. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök kuru ağırlığına ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	12.362	2	6.181	383.116	.000
Se	1.540	3	.513	31.826	.000
KxSe	.649	6	.108	6.708	.000
Hata	.387	24	.016		
Toplam	68.814	36			
Genel	14.939	35			
a. R^2 = .974					

Ek-30. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin kök hacmine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	68.136	2	34.068	137.186	.000
Se	8.139	3	2.713	10.924	.000
KxSe	3.209	6	.535	2.154	.084
Hata	5.960	24	.248		
Toplam	340.910	36			
Genel	85.443	35			
a. R^2 = .930					

Ek-31. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin SOD enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	248.722	2	124.361	144.419	.000
Se	102.556	3	34.185	39.699	.000
KxSe	24.611	6	4.102	4.763	.002
Hata	20.667	24	.861		
Toplam	5250.000	36			
Genel	396.556	35			
a. R^2 = .948					

Ek-32. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin CAT enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	781873.389	2	390936.694	118.700	.000
Se	269625.861	3	89875.287	27.289	.000
KxSe	85531.056	6	14255.176	4.328	.004
Hata	79043.333	24	3293.472		
Toplam	4167025.000	36			
Genel	1216073.639	35			
a. R^2 = .935					

Ek-33. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin GSH-Px enzim aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	646665.722	2	323332.861	273.567	.000
Se	159067.889	3	53022.630	44.862	.000
KxSe	59912.944	6	9985.491	8.449	.000
Hata	28366.000	24	1181.917		
Toplam	4520498.000	36			
Genel	894012.556	35			
a. R^2= .968					

Ek-34. Çeşit2 çerezlik kabak türünde selenyum dozları ve kuraklık stresi düzeylerinin MDA aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O.	F	p
K	2058.389	2	1029.194	37051.000	.000
Se	535.417	3	178.472	6425.000	.000
KxSe	385.833	6	64.306	2315.000	.000
Hata	.667	24	.028		
Toplam	22627.000	36			
Genel	2980.306	35			

a. $R^2 = 1.000$

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Antalya'da doğdu. İlk öğrenimini Nadire Konuk ve Ali Oğuz Konuk İlk Öğretim Okulunda, orta öğrenimini 75. Yıl Cumhuriyet Lisesi'nde tamamladı. 2006-2010 yılları arasında, Ankara Üniversitesi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde lisans eğitimimi tamamlayıp Ziraat Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 2013 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine 2014 yılında başladı.