



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ MISIR FİDELERİNE (*ZEA MAYS L.*)
DIŞARIDAN SELENYUM (Se) UYGULAMALARININ BÜYÜME
PARAMETRELERİ, SU DURUMU VE LİPİD PEROKSİDASYONU ÜZERİNE
İYİLEŞTİRİCİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Seyit Ahmet TEKİŞ

YÜKSEK LİSANS

Biyoloji Anabilim Dalı

Aralık-2016
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Seyit Ahmet TEKİŞ tarafından hazırlanan “Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L.) dışarıdan selenyum (Se) uygulamalarının büyüme parametreleri, su durumu ve lipid peroksidasyonu üzerine iyileştirici etkilerinin belirlenmesi” adlı tez çalışması 27/12/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

Danışman

Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

Üye

Doç.Dr. Evren YILDIZTUGAY

Üye

Yrd.Doç.Dr. Ceyda ÖZFİDAN-KONAKÇI

İmza

.....
Mustafa

.....
Mustafa

.....
Evren

.....
Ceyda

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

.....
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 13201077 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Seyit Ahmet TEKİŞ

27.12.2016

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ MISIR FİDELERİNE (*ZEA MAYS L.*) DIŞARIDAN SELENYUM (Se) UYGULAMALARININ BÜYÜME PARAMETRELERİ, SU DURUMU VE LİPİD PEROKSİDASYONU ÜZERİNE İYİLEŞTİRİCİ ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Seyit Ahmet TEKİŞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr.Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

2016, XII + 60 Sayfa

Jüri

Prof.Dr.Mustafa KÜÇÜKÖDÜK
Doç.Dr.Evren YILDIZTUGAY
Yrd.Doç.Dr.Ceyda ÖZFİDAN KONAĞI

Bu çalışma, kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan selenyum uygulamalarının büyüme parametreleri, su durumu, glisin betain içeriği, karbonhidrat içeriği, prolin ve lipid peroksidasyon seviyeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Tezimizde kuraklık stresi için %25 PEG konsantrasyonu ve 5 ve 15 µM selenyum (Se) dozları seçilmiştir. Yalnız Se uygulamaları mısır köklerinde nisbi su içeriği (RWC), ozmotik potansiyel, glisin betain, karbonhidrat içeriği ve lipid peroksidasyon (TBARS) seviyelerini üzerine etki etmezken, RGR'yi azalttı, prolin içeriğini ise artırdı. Sadece Se uygulamaları yaprakların RWC, RGR, ozmotik potansiyel, klorofil floresans, glisin betain içeriği ve lipid peroksidasyonu seviyelerini değiştirmemiş, karbonhidrat ve prolin içeriklerinde ise artışa neden oldu. Kuraklık stresine maruz bırakılan mısır köklerinde RWC, RGR, ozmotik potansiyel ve prolin içerikleri azalmıştır ancak glisin betain, karbonhidrat içeriği ve lipid peroksidasyon seviyelerinde önemli oranda artış meydana geldiği gözlemlendi. Kuraklık uygulanan yapraklarda ise RWC, RGR, ozmotik potansiyel ve klorofil floresansı azaldı, karbonhidrat içeriği değişmedi, glisin betain, prolin ve lipid peroksidasyonunda ise artış tespit edildi. PEG indüklü ozmotik stres altındaki fidelere ekzojen olarak selenyum uygulamaları hasarların ortadan kaldırılmasında önemli bir etkiye sahip olduğu belirlendi. Kuraklık stresinin oluşturduğu zararlar selenyum uygulamalarıyla kök ve yapraklarda elimine edilebilmiştir. Kuraklığın tarımsal üretimde bitki gelişimi ve veriminde ciddi kayıplarına neden olduğu düşünülecek olursa, bulgularımızın sonucu olarak dışarıdan uygulanan selenyum, kuraklık stresine karşı bitki savunma mekanizmalarını tetikleyebilmekte ve strese bitkilerin adaptasyonuna yardımcıdır.

Anahtar Kelimeler: Glisin betain, Kuraklık, Kuraklık toleransı, Prolin, Selenyum, TBARS, *Zea mays L.*

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION of AMENDATORY EFFECTS on GROWTH PARAMETERS, WATER STATUS and LIPID PEROXIDATION of EXOGENOUS APPLICATION of SELENIUM (Se) TO MAIZE SEEDLINGS (*ZEA MAYS L.*) UNDER DROUGHT STRESS

Seyit Ahmet TEKİŞ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN BIOLOGY

Advisor: Prof.Dr.Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

2016, XII + 60 Pages

Jury

Prof. Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK

Assoc. Prof. Dr.Evren YILDIZTUGAY

Asist.Prof.Dr.Ceyda ÖZFİDAN KONAĞI

This study is done in order to determine the impacts of selenium treatments on corn seedlings under drought stress from outside on growth parameters, water status, the contents of glycine betaine and carbohydrate, the levels of proline and lipid peroxidation. In our thesis, the doses of 25% PEG and 5 and 15 μ M selenium (Se) concentrations were chosen for drought stress. While Se treatments alone did not affect on relative water content (RWC), osmotic potential, glycine betaine, the content of carbohydrate and the level of lipid peroxidation (TBARS) in maize roots, it decreased RGR and increased the content of proline. Se treatments did not change RWC, RGR, osmotic potential, chlorophyll fluorescence, the content of glycine betaine and the levels of lipid peroxidation of leaves, but lead to increasing the contents of carbohydrate and proline. In the roots of maize exposed to drought stress, RWC, RGR, osmotic potential and the content of proline decrease but it was observed a significant increase in the contents of glycine betaine, carbohydrate and the level of lipid peroxidation. In the leaves exposed to drought, RWC, RGR, osmotic potential and chlorophyll fluorescence decreased, the content of carbohydrate did not change and glycine betaine, proline and lipid peroxidation increase. It was determined that exogenous selenium treatments on seedlings under PEG-induces osmotic stress had an important impact on the removal of damages. It was determined that the damages produced the stres treatment could be eliminated with selenium application in roots and leaves. If it is thought that drought leads to serious losses in plant growth and yield in agricultural production, had as a result of our findings exogenous selenium treatments could trigger the plant defense mechanisms against drought stress and help the adaptation of plants to stress.

Keywords: Glycine betaine, Drought, Drought tolerance, Proline, Selenium, TBARS, *Zea mays L.*

ÖNSÖZ

Lisansüstü öğrenimim boyunca engin bilgisini, deneyimini ve desteğini esirgemeyen tez danışman hocam Sayın Prof.Dr. Mustafa KÜÇÜKÖDÜK'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez konumun belirlenmesinde, yürütülmesinde, laboratuvar çalışmalarında, tez yazım aşamamda deneyimi ve paylaşımcı tavrıyla, desteğini her zaman hissettiğim Sayın Doç.Dr. Evren YILDIZTUGAY'a teşekkürü bir borç bilirim. Ders dönemimde engin bilgilerinden yararlandığım Prof.Dr. Yavuz BAĞCI'ya, deneyimlerinden yararlandığım Yrd.Doç.Dr. Ceyda ÖZFİDAN KONAKÇI'ya teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca sonsuz sabır, sevgi ve anlayış ile desteklerini gördüğüm, her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın gerçekleşmesinde maddi destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinatörlüğü (BAP)'ne teşekkürlerimi sunarım.

Seyit Ahmet TEKİŞ
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar	ix
ŞEKİLLER.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
2.1. Mısır Bitkisinin Genel Özellikleri	7
2.2. Çeşitli Araştırmacılar Tarafından Yapılan Çalışmalar	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Bitki Materyalinin Temini ve Saklanması	23
3.2. Deneme Serilerinin Hazırlanması	23
3.2.1. Fidelere uygun selenyum (Se) ve PEG konsantrasyonunun belirlenmesi	23
3.2.2. Denemenin kurulması	24
3.3. Analiz Yöntemleri.....	24
3.3.1. Büyüme parametreleri.....	25
3.3.1.1. Köklerin ve yaprakların bağıl su içerikleri (RWC)	25
3.3.1.2. Köklerin ve yaprakların bağıl büyüme oranları (RGR).....	25
3.3.1.3. Köklerin ve yaprakların ozmotik potansiyel ölçümleri	25
3.3.2. Köklerin ve yaprakların prolin miktarının belirlenmesi	26
3.3.3. Köklerin ve yaprakların glisin betain içerikleri	26
3.3.4. Köklerin ve yaprakların karbonhidrat içerikleri	26
3.3.5. Yapraklarda klorofil floresans ölçümleri	27
3.3.6. Köklerin ve yaprakların lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi	27
3.3.7. İstatistiksel Analizler	27
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	29
4.1. Köklerin ve Yaprakların Bağıl Su İçerikleri (RWC).....	29
4.2. Köklerin ve Yaprakların Bağıl Büyüme Oranları (RGR).....	31
4.3. Köklerin ve Yaprakların Ozmotik Potansiyelleri	33
4.4. Köklerin ve Yaprakların Prolin İçerikleri	35
4.5. Köklerin ve Yaprakların Glisin Betain İçerikleri	38
4.6. Köklerin ve Yaprakların Karbonhidrat İçerikleri	40

4.7. Yapraklardaki Klorofil Floresans Ölçümleri	42
4.8. Köklerin ve Yaprakların Lipid Peroksidasyon Seviyeleri	43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	59

TABLÖLAR

Tablo 1.1. Dünya tahıl üretim miktarları	4
Tablo 1.2. Türkiye tahıl üretim miktarları	5

ŞEKİLLER

- Şekil 1.1.** Uzun (sol) veya kısa (sağ) dönem kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde gözlenen değişimler 2
- Şekil 4.1.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun kök bağıl su içeriklerinde (RWC) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 29
- Şekil 4.2.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprak bağıl su içeriklerinde (RWC) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 30
- Şekil 4.3.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin bağıl büyüme oranlarında (RGR) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı olan değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 31
- Şekil 4.4.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların bağıl büyüme oranlarında (RGR) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 32
- Şekil 4.5.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin ozmotik potansiyellerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 33
- Şekil 4.6.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların ozmotik potansiyellerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 34
- Şekil 4.7.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin prolin içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 35
- Şekil 4.8.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların prolin içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 36
- Şekil 4.9.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin glisin betain içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se) 38
- Şekil 4.10.** Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların glisin betain içeriklerinde meydana gelen

değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)	39
Şekil 4.7. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (<i>Zea mays</i> L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin karbonhidrat içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)	40
Şekil 4.12. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (<i>Zea mays</i> L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların karbonhidrat içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)	41
Şekil 4.13. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (<i>Zea mays</i> L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yapraklardaki klorofil floresans ölçümlerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)	42
Şekil 4.14. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (<i>Zea mays</i> L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin lipid peroksidasyon seviyelerinde gözlenen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)	44
Şekil 4.15. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (<i>Zea mays</i> L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların lipid peroksidasyon seviyelerinde gözlenen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan aynı değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

KA: Kuru ağırlık

MDA: Malondialdehit

PS1: kuraklık+S1 (%25 PEG+ 5 μ M Se)

PS2: kuraklık+S2 (%25 PEG + 15 μ M Se)

PSII: fotosistem II

RGR: Bağlı büyüme oranı

RWC: Bağlı su içeriği

Se: Selenyum

S1: 5 μ M Se

S2: 15 μ M Se

TA: Turgorlu ağırlık

TBA: Tiobarbitürik asit

TCA: Trikloroasetik asit

YA: Yaş ağırlık

1. GİRİŞ

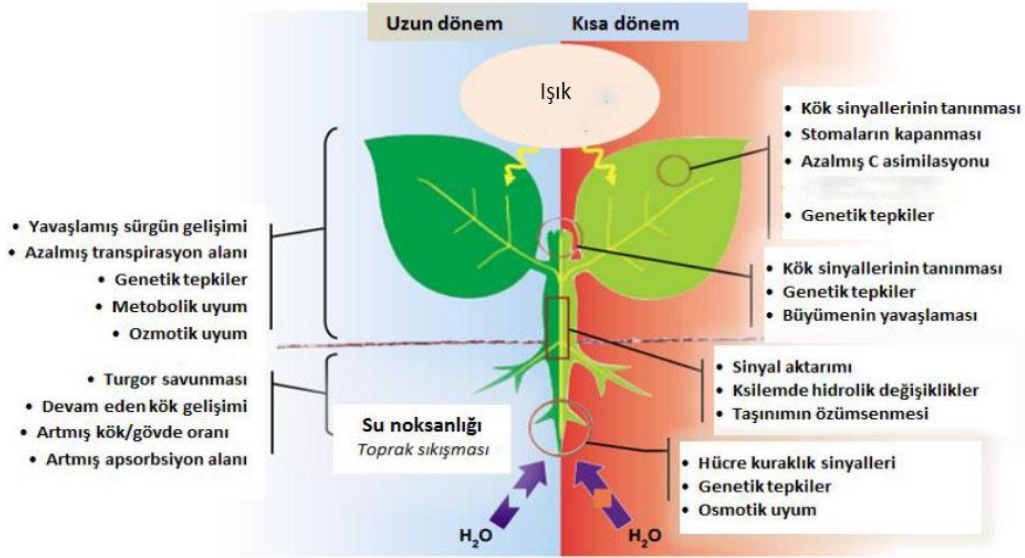
Bitkinin yaşadığı ortamda bir veya daha fazla etkenin, büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyerek, verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir dizi gerilemeye neden olması stres olarak tanımlanır (Ashraf ve Wu, 1994). Bitkiler yaşamları süresince birçok stres faktörü ile karşılaşmaktadır. Bitkilerde stres faktörleri, biyotik (hayvanlar, patojenler, parazitik bitkiler, allelopati ve çeşitli antropogenik aktiviteler) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık, su baskını, radyasyon, sıcaklık, kimyasallar ve kirletici maddeler, rüzgar ve toprağın besleyicilerden yoksun olması gibi) kökenlidir (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Kuraklık, toprağın su içeriğinde ve bitki gelişiminde gözle görülür azalmaya neden olacak kadar uzun süren yağışsız dönem olarak tanımlanmakta ve bitkilerde büyüme ve gelişme ile verim potansiyellerini doğrudan etkilemektedir (An ve Liang, 2012). Smirnoff (1993)'a göre kuraklık stresi, su eksikliği ve kuruma olarak ikiye ayrılır. Su eksikliği, stomalarda kapanmaya ve gaz değişiminde kısıtlamaya neden olan orta düzeydeki su kaybıdır. Kuruma ise metabolizma ve hücre yapısının tamamen bozulmasına ve enzimlerle katalizlenen reaksiyonların durmasına neden olabilecek aşırı miktardaki su kaybı olarak tanımlanmaktadır (Smirnoff, 1993; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Bitkiler kuraklık stresine tepki olarak önemli fizyolojik, metabolik ve morfolojik değişimler gösterirler. Bunlar arasında bitkinin normal büyüklüğüne göre küçük olması, erken olgunlaşma, kök boyunun azalması ya da artması ve kök-gövde oranında artış, toplam yaprak sayısının, toplam yaprak alanının, toplam yaprak kütlelerinin azalması (Fischer ve Wood, 1979; Karamanos ve Papatheohari, 1999; Cattivelli ve ark., 2008; Jaleel ve ark., 2009) ve yaprak kıvrılması (Terzi ve Kadioglu, 2006) gibi değişimler yer almaktadır.

Fizyolojik yanıtlar, kökten gelen sinyallerin tanınmasını, turgor kaybı ve ozmotik düzenlemeyi, yaprak su potansiyelinde, stomal iletkenlikte, içsel CO₂ konsantrasyonunda, net fotosentezde ve büyüme oranında azalmayı kapsar. Kuraklığa verilen erken yanıtlar, bitkinin hayatta kalmasını sağlamakla birlikte prolin ve glisin betain gibi belirli metabolitlerin birikimi yoluyla dehidrasyona direnç geliştirilerek yapısal bütünlüğün korunmasında ve bitkinin işlevselliğinin sürdürülmesinde etkilidir (Pinhero ve Paliyath, 2001). Toplam mevsimsel evotranspirasyonun ve dolayısıyla verimin azalmasına yol açan uzun süreli stomal kapanma, CO₂ derişiminde sınırlama ve

rubisco aktivitesindeki azalma nedeniyle fotosentez oranı azalmaktadır (Lawlor, 1995; Pinhero ve ark., 2004).



Şekil 1.1. Uzun (sol) veya kısa (sağ) dönem kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde gözlenen değişimler (Chaves ve ark., 2003)

Kurak koşullarda bitkinin hayatta kalmasını sağlayan ve vegetatif dokularda su stresine karşı geliştirilen iki ana savunma mekanizması bulunmaktadır. Bunlar; stresten kaçınma ve stres toleransıdır (Levitt, 1980; Laffray ve Louguet, 1990; Cruz de Carvalho ve ark., 1998).

Kuraklıktan kaçış, bir bitkinin toprakta ciddi boyutlarda su noksanlığı oluşmadan yaşamını tamamlayabilme kabiliyetini belirtmektedir. Kuraklıktan kaçan bitkiler yada efemerler (kısa ömürlü bitkiler) hızlı büyümeleri ve gelişmelerini düzenlemelerinden dolayı kurak çevrelerde canlı kalabilmektedirler. Örneğin çöl efemerleri kurak mevsimlerde dormant tohumlar halinde kalarak kuraklıktan kaçınan bir yıllık bitkilerdir. Toprağın belirli bir derinliğini ıslatacak kadar yağmur yağdığında tohumları çimlenir. Bu bitkiler toprak nemi tükenmeden önce olgunlaşarak en az bir tohum oluştururlar (Salisbury ve Ross, 1992).

Bazı bitkiler ise morfolojik ve fizyolojik olarak farklı özelliklere sahip tohumlar meydana getirirler. Bu tohumların çimlenme istekleri değişik olduğundan çimlenmeleri geniş bir çevre aralığına ve birkaç yıla yayılır (Salisbury ve Ross, 1992), böylece kuraklıktan kaçılmış olunur.

Kurak çevrede yaşayan bazı çöl bitkileri ise su stresi olduğunda yapraklarını dökmek suretiyle kuraklıktan kaçmaktadırlar. Bu bitkiler yağış sonrası yeniden

yapraklarını oluştururlar. Bu döngü tek bir mevsimde iki defa yada daha fazla tekrarlanabilmektedir (Tietz ve Tietz, 1982).

Bitki gelişmesinin son dönemlerinde kuraklığın görüldüğü alanlarda erkenci çeşitlerin geliştirilmesi ile kuraklıktan kaçılmış olmaktadır. Böylelikle bitki yetiştiriciliği daha kurak alanlara doğru kaydırılabilmektedir (Turner, 1986). Buğday ve arpa gibi tahıllarda erken çiçek açan varyeteler kuraklıktan az etkilenmekle beraber (Biddinger ve Mahalakshmi, 1987), yeterli yağışın olduğu yıllarda bu varyetelerin diğerlerine göre daha az verim vermesi dezavantaj oluşturmaktadır. Ayrıca bitki çeşitlerine erkenciliğin kazandırılmasına yönelik çalışmalar çiçeklerin üşütmeye duyarlılıkları ve erken çiçeklenme ile verim arasındaki olumsuz ilişkiden dolayı kısıtlanmıştır.

Bazı bitkilerin su kaybına karşı toleranslı olmaları membran yapısı ve enzim aktivitesine bağlıdır (Turner, 1986). Örneğin Amerika kıtasında çalı formunda yetişen creosote (*Larrea divaricata*) bitkisinin su içeriği yaprakları ölmeden önceki nihai yaş ağırlığının % 30'unun altına düşmektedir. Oysa birçok bitkide % 50-75 seviyesinin altındaki değerler öldürücü olmaktadır. Bunların kuruyup, dehidrasyon sonrası hemen metabolik olarak aktif hale gelebilme yetenekleri diğer bitkilerde olmayan özel karakterlerine bağlıdır. Bu durum yeterince anlaşılacakla beraber hücrelerin mekanik zararlanmalar, membran yapısının bozulmasına ve stoplazmadaki proteinlerin denaturasyonuna dayanma kabiliyetlerine bağlanmaktadır (Gaff, 1980).

Stresten kaçınan bitkiler yalnızca orta şiddetteki su stresi durumunda hayatta kalırken strese toleranslı bitki grupları ise koruyucu mekanizmalarını çalıştırmak suretiyle çok daha şiddetli kuraklık stresi durumunda hayatta kalabilirler (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Selenyum bitkiler için mutlak gerekli bir besin elementi değildir; ancak, nikel, kobalt ve silisyum gibi bitkilere yararlı olan ve bitki besleme kitaplarında "Yararlı bitki mikro besin elementleri" grubu altında değerlendirilen bir elementtir (Xue ve Hartikainen, 2000; Seppänen ve ark., 2003). Selenyumca zenginleştirilmiş bir ortamda yetiştirilen bazı bitki türlerinin, tuzluluk (Djanaguiraman ve ark., 2005; Kong ve ark., 2005; Hawrylak-Nowak, 2009), kuraklık (Kuznetsov ve ark., 2003; Germ ve ark., 2007; Yao ve ark., 2009) ve ağır metal (Srivastava ve ark., 2009; Cartes ve ark., 2010) streslerine karşı direnç geliştirdiği bildirilmiştir. Selenyum, bitkilerin antioksidan kapasitelerini artırarak büyüme ve stres toleransları üzerinde yararlı etki göstermektedir (Kong ve ark., 2005; Ríos ve ark., 2008).

Bitkilerde yüksek konsantrasyonlarda Se'un toksik olmasına rağmen düşük konsantrasyonlarda yararlı etkiye sahiptir. Son yıllarda çeşitli bitkilerle yapılan araştırmalarla Se'un antioksidatif kapasiteyi ve stres toleransını artırdığı belirlenmiştir. Günümüzde bu elementin çok güçlü doğal bir antioksidan olmasından kaynaklanan özelliklerinden dolayı sebzeler üzerine yapılan çalışmaların sayısı yoğunluk kazanmış olup Se bakımından zengin olan bitkilere antikanserojen özelliklerinden dolayı ilgi artmıştır.

Selenyumun bitkilerdeki rolü ile ilgili yeterli bilgi bulunmasına rağmen stres altında Se'un vejetatif ve generatif gelişme üzerine etkileri ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır.

Son yıllarda Se'un kuraklık şartlarındaki bitkilerde su seviyesini düzenleme yeteneğine sahip olduğu ortaya konulmuştur. Selenyum içeren bitkiler mantar enfeksiyonuna karşı daha az duyarlıdırlar. Ayrıca selenyumun bazı zararlılara karşı da etkili olduğu görülmüştür. Toprakta aşırı selenyum, bitkilerde büyümenin yavaşlamasına ve sararmaya yol açmaktadır.

Mısır dünyada stratejik öneme sahip tarım bitkilerden birisidir (Panda ve ark., 2004). Dünyada tahıllar içerisinde 883 milyon ton üretimle mısır (*Zea mays* L.) birinci sırada (Anonymous, 2012) yer almakta olup üretim miktarları Tablo 1.1.'de verilmiştir. Ülkemizde ise tahıllar arasında üretim miktarı bakımından buğday (20.1 milyon ton) ve arpadan (7.1 milyon ton) sonra 4.6 milyon ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2012). Ülkemizin tahıl üretim miktarları Tablo 1.2.'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Dünya tahıl üretim miktarları (bin ton)

Ürün	2011/2012	2012/2013 ²	2013/2014 ³
Buğday	697.155	655.270	705.378
Arpa	134.290	129.320	140.096
Mısır	883.281	858.778	957.146
Yulaf	22.480	21.010	22.493
Çavdar	12.185	14.164	15.637
Diğer ¹	568.129	574.153	588.180
Dünya toplam	2317.520	2252.695	2428.930

Kaynak: USDA PSD Tabloları, 2013.

¹ Diğer; Darı, Karma Hububat, Değirmenlenmiş Pirinç, Sorgum

² Ağustos Ayı Tahmini (18.08.2013)

³ Ağustos Ayı Öngörüsü (18.08.2013)

Tablo 1.2. Türkiye tahıl üretim miktarları

Ürün	Üretim Miktarı (ton)	% oran
Buğday	20.100.000	5.2
Arpa	7.100.000	2.8
Mısır	4.600.000	2.5
Çeltik	880.000	0.9
Diğer	697.430	13.3
Toplam	33.377.430	4.1

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Üretim Veri Tabanı, 2013 (2012 yılı verileri)

2050 yılına kadar artan dünya nüfusu ihtiyacının karşılanması için üç önemli tahıl (mısır, buğday ve çeltik) bitkisinde üretimin yaklaşık % 70 artırılması gerektiği bildirilmektedir (Cairns ve ark., 2013). Üretimin artırılması için tarım alanlarında verimliliği ön plana çıkaran agronomi ve ıslah çalışmaları tüm dünyada yoğun bir şekilde devam etmektedir. Üretimi sınırlandıran en önemli etkenlerin başında ise biyotik ve abiyotik stres faktörleri gelmektedir (Erdal, 2014).

Mısır, Dünya'da olduğu gibi ülkemiz içinde sosyo-ekonomik öneme sahip bir bitkidir. Farklı çeşitleri ve geniş adaptasyon özelliği ile yeryüzündeki farklı ekolojilerde geniş yetiştirilme alanlarına sahiptir (Cengiz, 2006). Mısır, ülkemizin tüm bölgelerinde yetiştirilmesine rağmen daha çok Çukurova başta olmak üzere Akdeniz, Güneydoğu, Ege, Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu Bölgelerinde üretilmektedir.

Ülkemizde mısır üretiminin son yıllarda desteklenmesi nedeniyle ekim alanı ve üretiminde artışlar olmuştur. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizde mısır ekim alanlarının artması yanında, kıyı bölgelerimizde ikinci ürün mısır üretiminin artmasının payı büyüktür. Mısır üretimi ülkemizde % 70'i birinci ürün, % 30'u ise ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir (Bilgiç ve ark., 2012).

Tüm dünyada mısır verimi ve kalitesini olumsuz şekilde etkileyen en önemli abiyotik streslerin başında kuraklık stresi gelmektedir (Erdal, 2014). Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan bölgelerde optimum bitki gelişimi yönünden yağışın yetersiz ve dağılışının düzensiz oluşu, mısır tarımında büyük bir risk oluşturmakta ve sulamayı en önemli verim etmeni durumuna getirmektedir. Ancak, sulamanın öneminin her geçen gün biraz daha artmasına karşılık, dünyanın birçok bölgesinde, tarımsal amaçla kullanılan su kaynaklarının giderek azalması sorunu yaşanmaktadır. Artan dünya nüfusunun su kullanımı ve endüstriyel gereksinimleri de bu azalmayı belirli ölçüde hızlandırmaktadır (Guitjens, 1982).

Kuraklık stresi, mısır bitkisinin gelişimini olumsuz etkilemektedir. Ekimle birlikte toprakta yeterince nem yoksa düzensiz bitki çıkışları arazide kendini

göstermektedir. Çiçeklenme öncesi yaprak alanının gelişmesinin zayıf olması ve fotosentez oranının azalması kuraklığın önemli etkilerindedir. Çiçeklenme ve tane doldurma döneminde erken yaprak kurumaları ve fotosentez oranının azalması ile koçan ve tane sayısında azalma sıklıkla görülen durumlardır. Bitki gelişiminde ve dölllenme döneminde kuraklığın şiddeti ve zamanına göre tane verimi ciddi bir şekilde etkilenir (Bänzinger ve ark., 2000). Ancak, en önemli zarar çiçeklenme döneminde olmaktadır (Denmead ve Shaw, 1960; Claassen ve Shaw, 1970; Grant ve ark., 1989; Bänzinger ve ark., 2000).

Kuraklık stresinde morfolojik olarak mısır yapraklarında kuruma başlar ve bu durum bitki kök bölgesinden yukarıya doğru olmaktadır. Çiçeklenme döneminde olası aşırı kuraklık, koçanın oluşmasını tamamen engelleyebilir ve koçansız bitkiler meydana gelebilir. Tane doldurma dönemini de kapsayan kuraklık stresi sonucunda kuraklıktan etkilenmiş koçanlarda genel olarak birkaç adet tane bulunması tipiktir (Edmeades ve ark., 2000).

Mısırdaki kuraklıkla mücadelede en etkili yöntemlerden bir tanesi de kuraklığı ya da su stresini tolere edebilecek çeşitlerin ıslah edilmesidir. Kuraklıktan kaçma ya da diğer tarımsal yaklaşımlar yararlı olabilirken üretici açısından tohumdan gelebilecek herhangi bir tolerans daha cezbedicidir (Erdal, 2014).

Tezimizde kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan Se uygulanarak fidelerin kuraklık stresiyle büyüme parametreleri, su durumu ve oksidatif zararın en önemli belirtisi olan lipid peroksidasyon seviyelerinde meydana gelecek değişimlerin tespiti ve Se'un kuraklık stresine karşı koruyucu rollerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Selenyum antioksidan bir element olarak bilinmekte olup kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan uygulanarak kuraklığın yıkıcı etkilerinin hafifletilmesi ve tolerans artırıcı özellikleri ortaya konması amaçlanmıştır. Böylece kuraklıkla ortaya çıkan verim kayıplarının selenyum uygulamalarıyla giderilmesi veya azaltılması artan nüfus artışına bağlı gıda ihtiyacının karşılanmasında büyük önem taşıyacaktır. Yaptığımız bu çalışma mısır fidelerinin kuraklık stresinin zararlarının iyileştirilmesinde selenyumun etkileri ile ilgili bilgilere büyük katkı sağlayacağı görüşündeyiz.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Mısır Bitkisinin Genel Özellikleri

Mısır, Poaceae (buğdaygiller) familyasına ait tek çenekli bir bitkidir. Çiçeklenme biçimi bakımından buğdaygiller familyasının diğer üyelerinden farklıdır. Çiçekleri tek evcikli olup, erkek (tepe püskülü) ve dişi çiçekler (koçan) aynı bitki üzerinde fakat farklı yerlerde bulunmaktadır. Mısır, $2n=20$ kromozoma sahip diploid bir bitkidir (Morris, 2002).

Mısır, tabiatın en ilgi çekici şekilde enerji depolayan bitkilerinden biri olup, tohumlarının kolay temin edilmesi, yüksek kuru madde içeriği, katkı maddesine gerek duymadan depolanabilmesi, işletmede iş planlamasını kolaylaştırması gibi nedenlerle, ülkemiz tarımında önemli bir yer işgal etmektedir (Sade, 1987; Açıköz, 1995).

Mısır içerdiği zengin besin maddeleri nedeniyle insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir üründür. Doğrudan insan beslenmesinde kullanıldığı gibi hayvan beslenmesinde yem bitkisi ve birçok gıda maddesinin üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır. Mısır tanesinin kimyasal birleşiminde %70-75 nişasta, % 8-10 protein ve % 4-5 yağ içerir (Earle ve ark., 1946).

Mısır, tropik, subtropik ve ılıman iklim kuşaklarında yetişebildiği için, dünyanın hemen hemen tüm ülkelerinde az çok tarımı yapılmaktadır. Dünya üzerinde, 58° kuzey ve 40° güney enlemleri arasında kalan alanlarda, deniz seviyesinden başlayarak 4000 m'ye kadar yetiştirilebilmektedir (Anonim, 2002).

Mısır genel olarak sıcak ve nemli bölgelerde yetiştirilmektedir. Fazla sayıda çeşidi bulunduğundan yetiştirme sahasında oldukça geniştir. Türlerine ve yetiştirilen alanlarına göre değişmekle birlikte normal mısır bitkisi çimlenme devresinde $10-13^{\circ}\text{C}$, yetiştirme devresinde $10-20^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ister. Sıcaklığın bu değerlerin dışında seyretmesi bitkilerin gelişimini olumsuz etkiler ve verimin düşük olmasına yol açar (Türkoğlu, 1971). Mısır bitkisinin toprak seçiciliği fazla değildir. Uygun ve zamanında işlenen ve gerekli bitki besin maddeleri verilen, değişik tip topraklarda başarıyla yetiştirilebilir. Ancak mısır en iyi gelişmeyi ve en yüksek verimi, organik madde ve alınabilir besin maddelerince zengin, drenajı ve havalanması iyi olan derin, sıcak, tınlı topraklarda gösterir.

2.2. Çeşitli Araştırmacılar Tarafından Yapılan Çalışmalar

Rodrigo ve ark. (2014), buğdayın Akdeniz koşulları altında iki farklı yetiştirme mevsiminde (2010-2011, 2011-2012); tane, verim ve protein içeriği üzerine, Se uygulama zamanının etkisini araştırmıştır. 10 g ha⁻¹ konsantrasyonunda sodyum selenatın yapraklara uygulaması dört farklı büyüme aşamasında yapılmıştır: 1. düğüm tespit edildiğinde (GS-31); 5. düğüm tespit edildiğinde (GS-35); sadece şişmiş (GS-45); 1. başakçık görüldüğünde (GS-51). GS-35 ve GS-45 arasında Se uygulaması özellikle nemli yıllarda tahılda en yüksek Se birikimine neden olmuştur.

Cetinsoy (2014), açık tarla koşullarında yetiştirilen hıyar bitkisinde yapraktan selenyum ve silisyum gübrelemelerinin; büyüme, verim, bitki besin maddelerinin alımı ve bazı meyve kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Selenyum, Na₂SeO₄ olarak 50 ppm dozunda ve silisyum, K₂SiO₃ olarak 300 ppm dozunda yapraklara spreylenecek 3 defa 15 gün aralıklarla uygulanmıştır. Yaprak uygulamaları şeklinde selenyum hıyarın meyve veriminde % 11, silisyum % 8 ve Se + Si uygulaması ise % 25 artış sağlamıştır. Her iki mineralin beraberce yapraktan kullanımı verim artırıcı etki yapmıştır.

Ege Bölgesi'nde yaygın olarak yetiştirilen 3 ekmeklik (Basribey 95, Gönen 98, Meta 2002) buğday genotipi (*Triticum aestivum* L.) ve 3 makarnalık (Ege 88, Şölen 2002, GAP) buğday genotipinde (*Triticum durum* Desf.) farklı uygulama yöntemleriyle (tohum-yaprak-toprak uygulamaları), bitkilerin Se miktarının iyileştirilmesi; buğday genotiplerinin Se biriktirme kapasitesinin araştırılması; Se'un, kuraklık stresi koşullarında, bitki büyümesine ve strese dayanıklılığa katkısının araştırılmasına yönelik saksı ve tarla denemeleri kurulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, selenyuma gösterdikleri tepkiler bakımından hem ekmeklik, hem de makarnalık buğday genotipleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Ancak bu farklılıkların, buğday tanesindeki selenyum konsantrasyonunu artırmak amacıyla yapılacak ıslah programlarında söz konusu buğday genotiplerini kullanmak için yetersiz ve düşük düzeyde olduğu görülmüştür (Köşkeröglü, 2013).

Kuraklık stresine maruz bırakılan arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. *rihane-03*) üzerine selenyum uygulamasının bazı fizyolojik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Yaprğa uygulanan 30 g ha⁻¹ selenyum, kuru ağırlık ve su içeriğini artırmıştır. Su stresi altındaki bitkilerde kuru ağırlıktaki ve PSII verimliliğinde azalma, stoma iletkenliği ve CO₂ asimilasyonu ile ilişkili bulunmuştur. Antioksidan aktivite, kuraklık stresiyle

önemli ölçüde artmıştır. RWC ve kuru ağırlık, kuraklık stresiyle önemli ölçüde azalmıştır. Selenyum püskürtme ile kontrol bitkileri karşılaştırıldığında sulanmış bitkilerde su içeriği ve kuru madde birikimi artmıştır. Tohum verimi selenyum püskürtme ile değişmemiştir. Kuraklık stresi altında ve selenyum uygulamasıyla SOD, POX, CAT ve APX aktivitelerinde kontrole göre önemli artışlar gözlenmiştir. Kuraklık stresi MDA ve H₂O₂ içeriklerinde önemli birikime neden olurken, stresle birlikte selenyum uygulamasıyla deney süresince MDA ve H₂O₂ değişmediği bildirilmiştir (Habibi, 2013).

KeLing ve ark. (2013), tuz stresi altında yetiştirilen kavun fidelerinde (*Cucumis melo* L.) selenyum (0, 2, 4, 8, 16 µM) dozlarının üzerine lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzim aktivitesine etkisini araştırmıştır. Tuz stresiyle antioksidan enzim (CAT, SOD, POX) aktiviteleri, elektrolit sızıntısı ve MDA içeriğinde önemli bir artış olmasına rağmen; kuru ağırlık, sap uzunluğu, gövde çapı azalmıştır. Tuz stresi altında düşük selenyum konsantrasyonları (2-8 µM), SOD ve POX enzim aktivitesinde artışa neden olarak lipid peroksidasyonunun indüksiyonu engellenmiştir. Daha yüksek selenyum konsantrasyonlarında (16 µM), büyümenin azaldığı olduğunu belirlemiştir. Sonuç olarak selenyumun, tuz stresli kavun fidelerinin büyüme ve gelişmesi üzerinde olumlu bir fizyolojik etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Abbas (2013), yaptığı çalışmada soğuk stresi altındaki *Sorghum bicolor* L.'un genç fidelerinde ekzojen olarak uygulanan selenyumun (sodyum selenat) fizyolojik etkilerini araştırmıştır. *Sorghum* tohumları 6 saat boyunca 0, 3, 6 ve 12 mg L⁻¹ dozlarında sodyum selenat içerisinde ıslatılmıştır. Çimlenme döneminde 4 veya 8 °C'ye yedi gün maruz bırakıldıktan sonra 3 gün boyunca 25 °C'de bırakılmıştır. Düşük selenyum konsantrasyonları (3 ve 6 mg L⁻¹); şeker, prolin, askorbik asit, enzimatik aktivite, klorofil miktarı ve büyümeyi geliştirirken, yüksek konsantrasyonlarda (12 mg L⁻¹) selenat uygulamasının toksik etki gösterdiği bildirilmiştir. Karotenoid seviyeleri azalırken, enzimatik olmayan antioksidan (askorbik asit) seviyeleri artmıştır. Düşük selenat uygulamasında (3 ve 6 mg L⁻¹) lipid peroksidasyon ürünü olan MDA içeriğinin azaldığı bildirilmiştir.

2008 ve 2009'da "Hercules" soğanlarına selenyumun bitkisel gıdaları, verim ve biyoaktif özellikleri nasıl etkiler sorusunun cevabını bulmak için 10, 50 ve 100 µg·mL⁻¹ konsantrasyonlarında Se uygulanmıştır. Soğan ağırlığı, toplam verim, toplam Se'un içeriği, sınırsız selenometiyonin ve selenometilselenosistein, toplam S, N, P, K, Ca, Mg, bütün fenoliklerin içeriği ve toplam antioksidan kapasite (TAC) tespit edilmiştir. Tüm

Se uygulamaları önemli ölçüde soğandaki S içeriğini azaltmıştır. 100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ uygulaması, soğan büyüklüğünü ve verimini düşürmüştür. 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ uygulaması, toplam Se içeriğini artırmış, toplam fenolikler, TAC ve verimi arttırmaya yöneltmiştir. 2009'da yapılan uygulamalar arasında 10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ Se, fidelerin toplam antioksidan kapasitesini en fazla artıran uygulama olarak belirlenmiştir. Hem tarımı hem insan sağlığının faydalarını göz önüne alırsak, Na_2SeO_4 çözeltilisinde 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ oranında Se soğan için tavsiye edilmiştir (Pöldma ve ark., 2013).

Valadabadi ve ark. (2013), farklı kanola çeşitlerindeki su stresi toleransında zeolit ve selenyumun ekofizyolojik etkinliklerini incelemişlerdir. Sonuçlar kuraklık miktarı, toplam kuru ağırlık (TDW), yaşam alanı indeksi (LAI), nisbi büyüme oranı (RGR) ve ürün büyüme oranı (CGR) üzerinde pratik öneminin birçok etkisinin olduğunu göstermektedir. Zeolit ve selenyum uygulamalarının su stresi hasarlarını azaltmasının aksine, TDW, LAI, RGR ve CGR bakımından kanola ekimleri arasında çok yüksek bir öneme sahip olduğu bildirilmiştir. Eldeki veriler ışığında, zeolit ve selenyum uygulamaları su stresi zararını azaltmasının aksine, İran'da Karaj'ın hava şartları altında kuraklık oranı şiddetli bir şekilde kış kanolasının fizyolojik büyüklük indeksini azalttığı tespit edilmiştir.

Silajlık mısır çeşitlerinin (Burak, Efe, Hido ve Şafak) çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine farklı tuz konsantrasyonlarının (0, 2, 4, 6, 8 ve 10 dS m^{-1}) etkisi incelenmiştir. Tohumlar ekildikten 5 gün sonra çeşitlerin çimlenme oranı, 9. günde ise köklerin ve sürgünlerin uzunluğu (cm), yaş ve kuru ağırlıkları (mg) ölçülmüştür. Tuz stresi artışına bağlı olarak çimlenme oranı ve bazı fide özelliklerinde çeşitlere göre belirgin bir azalma olduğu görülmüştür. Tuz stresine toleransı en yüksek Hido çeşidinin olduğu, tuz stresine en hassas çeşidin ise Efe olduğu bildirilmiştir (Aydınşakir ve ark., 2013).

Avcu ve ark. (2013), su kültürü ortamında yüksek tuz stresi altında yetiştirilen genç domates bitkilerine uygulanan Si ve Se'un stresin olumsuz etkilerini azaltıcı özelliklerini incelemişlerdir. Tom-8 ve Tom-33 kodlu domates genotiplerini kullanarak kontrollü şartlar altında bitkiler yetiştirilerek uygulamalar yapılmıştır. Bu çalışmada 200 mM NaCl uygulanarak fideler tuz stresine maruz bırakılmıştır. Bununla birlikte Se ve Si'un tuz stresini azaltıcı etkileri, sürgün ve kök ağırlıklarında, yaprak oransal su içeriği sonuçlarında gözlenirken, ayrıca özellikle kökte Na^+ ve Cl^- iyonlarının daha az lokalize olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde silisyum, domateste tuz stresinin zararlı etkilerini azaltmada biraz daha fazla ön plana çıktığı

tespit edilmiştir. Se ve Si sadece tuz stresi koşullarında değil, kontrol bitkilerinde de büyüme ve gelişmeyi olumlu yönde etkilemiştir.

Sarımsak bitkisine 0.5 , 1.0, 2.0 ve 4.0 mg/L⁻¹ dozlarında Na₂SeO₃ uygulanmış ve kallus, embriyo, küçük bitki, yaprak ve kök dokularının amino asit, protein, prolin içeriğine bakılmıştır. Uygulamada 2 ve 4 mg/L⁻¹ dozu anlamlı bulunmuştur. Süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon redüktaz aktiviteleri in vitro koşullarda yetiştirilen doku ve organlarda artmış, ayrıca en yüksek enzim aktiviteleri, 4 mg /L⁻¹ selenyum uygulanan fidelerde gözlemlendiği bildirilmiştir. (Kapoor ve ark., 2012).

Shirani Rad (2012), 2009 ve 2010 büyüme sezonunda farklı nem rejimlerinde, üç kanola çeşidinin (Karaj 1, RGS003 ve Karaj 3) morfofizyolojik özellikleri üzerine doğal zeolit ve selenyumun etkilerini incelemiştir. Çalışma İran'ın Karaj kentindeki "Tohum ve Bitki Geliştirme Enstitüsü"ndeki tarlalarda gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği 3 tekerrürlü tesadüf blokları şeklinde kurulmuştur. Sulama faktörleri tam sulama ve kısıtlı sulama olmak üzere iki düzeyde seçilmiştir. Zeolit 2 seviyede ve hektar başına 15 ton olarak uygulanmıştır. Ayrıca selenyum 3 konsantrasyon olarak sodyum selenat (Na₂SeO₄) bileşiği formunda 0, 10, 20 gr/L dozunda uygulanmıştır. Sonuçlar sulama, zeolit ve çeşitliğin basit etkisi olduğunu göstermiştir ve ayrıca test edilen tüm özellikler üzerinde önemli bir üçlü etkileşim olmuştur (P<0.01). Kuraklık koşullarında zeolit ve selenyumun uygulama eksikliğinde, RGS003 çeşidi diğer çeşitlerle kıyaslandığında önemli bir üstünlüğü sahip olduğunu gösterdiğini rapor edilmiştir.

Kabuksuz çekirdek kabağı (*Cucurbita pepo* L. var. *styriaca*), yağ üretimi için ekonomik olarak yetiştirilen önemli bir bitkidir. Kuraklık stresi altında kabuksuz çekirdek kabağının yağ verimi ve bazı fizyolojik özellikleri üzerinde selenyum ve zeolit uygulamalarının sonuçları araştırılmıştır. Deney düzeneği 3 tekerrürlü tesadüf blokları deneme deseni şeklinde kurulmuştur. Sulama faktörleri 3 konsantrasyon olarak kontrol, çiçeklenme aşamasında kuraklık ve meyve oluşumu aşamasında kuraklık şeklinde uygulanmıştır. Zeolit 2 seviyede, kontrol ve 10 ton/ha olarak uygulanmıştır. Ayrıca selenyum 2 konsantrasyon olarak sodyum selenat (Na₂SeO₄) bileşiği formunda 0 ve 30 gr/L dozunda uygulanmıştır. Kuraklık stresi ve zeolit uygulamasından tüm fizyolojik değişkenler etkilenmiştir. Kuraklık stresi, toplam klorofil içeriğini, stomal iletkenliği, RWC, yaprak proteini, yağ içeriğini ve yağ verimini azaltmıştır. Kuraklıkta zeolit uygulaması yağ içeriği hariç diğer parametreleri artırmıştır. WSD (Su Doygunluk Eksikliği - Water Saturation Deficient) ve CAT antioksidan enzim aktivitesi, kuraklık

koşullarında zeolit varlığında azalmıştır. Kuraklık koşullarında zeolit uygulamasıyla beraber selenyum salınımı, RWC, CAT enzim aktivitesini ve yağ verimini artırdığı tespit edilmiştir. Meyve oluşumu aşamasında kuraklık, çiçeklenme aşamasından daha fazla yağ içeriğini azaltmıştır. Son olarak, kuru arazilerde zeolit ve selenyum uygulamaları kuraklığa karşı toleransın artırılmasında ve yağ veriminin azalmasını önleyici etki yaptığı tespit edilmiştir (Zanjani ve ark., 2012).

Çukurova Bölgesinde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin (Adana-99, Ceyhan-99, Pandas, Osmaniye, Karatopak, Fuatbey-2000 ve Amanos-97) toprak-bitki selenyum içeriği arasındaki ilişki araştırılmıştır. Toprak örneklerinin selenyum içerikleri ile tane ve yaprak örneklerinin selenyum içeriği arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Topraktaki selenyum miktarı arttıkça, tane ve yapraklardaki selenyum miktarında arttığı gözlenmiştir. Toprak örneklerinin selenyum içerikleri ile yaprak örneklerinin selenyum içerikleri arasında ilişki istatistiksel olarak 0.01 düzeyinde önemli bulunurken, toprak örneklerinin selenyum içerikleri ile tane örneklerinin selenyum içerikleri arasında ilişki istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Aynı şekilde yaprağın selenyum içeriği ile tanenin selenyum içeriği arasında istatistiksel olarak 0.01 düzeyinde doğrusal bir ilişki bulunmakta olduğu bildirilmiştir (Irmak ve Semercioğlu, 2012).

Mohammadi ve ark. (2011), üç nohut (Jam, ILC 482 ve Bivanij) çeşidinde kuraklık stresinin antioksidan enzim üzerine etkilerini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. Deney düzenekleri 4 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Sulama faktörleri, kontrol ve kuraklık stresi olmak üzere iki düzeyde seçilmiştir. Selenyum sodyum selenit ($\text{Na}_2\text{O}_3\text{Se} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) formunda 0 ve 20 g/ha dozunda püskürtülerek uygulanmıştır. Uygulamalar MDA, CAT, GPX ve SOD enzimlerinin aktivitelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Biyokimyasal analizler kuraklık stresi altında antioksidan enzim aktivitelerinin arttığını göstermiştir. 20 g/ha selenyum uygulaması, CAT dışında diğer enzim aktivitelerini artırmıştır. Sonuç olarak, Bivanij çeşidi çalışılan çeşitler arasında kuraklığa en dayanıklı bitki çeşidi olduğu bildirilmiştir.

Sajedi ve ark. (2011), mikroelementlerin (demir, çinko, bakır, mangan, bor ve molibden) ve Se'un kurak ortamda mısırın tahıl verimi, kimyasal biyogösterge ve antioksidan enzim aktivite değişim sonuçlarını araştırmıştır. Süperoksit dismutaz aktivitesi ve malondialdehit içeriği su stresi altında artmış, fakat tahıl verimi azalmıştır. Selenyumun spreyleneceği, SOD aktivitesini, vejetatif büyüme, tohum oluşumu ve tahıl öncesi olgunluk aşamalarında malondialdehit içeriğini ve tahıl verimini artırmıştır.

Mikroelementlerin uygulanması SOD aktivitesini ve malondialdehit içeriğini yükseltmiştir. Selenyum ve mikroelementlerin, su stresi altında, vejetatif büyüme aşamasında, tahıl verimini arttırdığı bildirilmiştir. Se veya mikrobelerin birlikte kullanımı, antioksidan aktivitelerini de kapsayarak bitki metabolizmasını olumlu yönde etkilemiş ve mısır veriminde kuraklık stresinin elverişsiz etkilerinin ortadan kaldırılmasında önemli bir role sahip olduğu belirtilmiştir.

Farklı dozlarda uygulanan sodyum selenatın (Na_2SeO_4), fasulyenin dört farklı çeşidinde (Önceler, Karacasehir, Akman ve Akdağ) kök, gövde, yaprak ve tohum gibi organlarındaki birikimi karşılaştırılmıştır. Selenyum, Na_2SeO_4 bileşiği olarak 0.5, 1 ve 2 mg/L dozlarında uygulanmıştır. Dokulardaki selenyum miktarı ICP-OES spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Artan dozlarda uygulanan Na_2SeO_4 , tüm çeşitlerin organlarında kontrol gruplarına göre selenyum miktarında belirgin artışlara neden olmuştur. Kök selenyum içeriği en fazla Akman çeşidinde, en az Önceler çeşidinde görülmüştür. Gövde selenyum içeriği en yüksek Karacasehir, en düşük ise yine Önceler çeşidinde görülürken, yaprak selenyum içeriği en yüksek Önceler, en düşük Akman çeşidinde saptanmıştır. Son olarak tohum selenyum içeriğinin ise yine Karacasehir çeşidinde en yüksek, en düşük ise Akdağ çeşidinde olduğu bildirilmiştir Ayçetin (2011).

2006 yılında Shahr-e-Rey bölgesinde yetişen üç kanola çeşidinde (Zarfam, Okapi ve Opera) selenyumun ve kuraklık stresinin SOD aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Sulama faktörleri, kontrol ve kuraklık stresi olmak üzere iki düzeyde seçilmiştir. Selenyum çiçeklenme aşamasının başında sodyum selenit ($\text{Na}_2\text{O}_3\text{Se} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) formunda 16 ve 21 g/ha dozunda yapraktan püskürtülerek uygulanmıştır. Sonuçlar SOD aktivitesinin sulama etkileşimi, selenyum ve kanola çeşitlerinde önemli bir farklılık olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda Zarfam çeşidi 2010 u.mg^{-1} proteinle ve Opera 1454 u.mg^{-1} proteinle SOD aktivitesinin en fazla ve en az miktarında aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Sulamanın etkileşim etkisi, kanola çeşidi ve SOD aktivitesi üzerine selenyumun etkileri, kuraklık stresi durumu ve en yüksek SOD aktivitesi Zarfam çeşidinde 21 gr/ha selenyum uygulaması sonucunda 3146 u.mg^{-1} protein olarak tespit edilmiştir (Pazoki ve ark., 2010).

Gökbulut (2010), hidroponik sistemde yetiştirilen iki farklı buğday fidelerine 1, 10 ve 20 ppm selenyum uygulamasının fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri, antioksidan ezim aktiviteleri, MDA ve prolin birikimi üzerine etkilerini araştırmıştır. 10 ve 20 ppm selenyum dozları fide boy uzunluğu, taze ve kuru ağırlıkta azalmaya neden

olmuştur. Yüksek selenyum dozuna bağlı olarak karotenoid ve klorofil miktarında önemli miktarda azalma gözlenmiştir. Her iki buğday çeşidinin selenyum stresi altındaki yaprak dokularında lipid peroksidasyonu ve prolin miktarı artmıştır. 1, 10 ve 20 ppm selenyum uygulanan buğday fidelerinde süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz, guaiacol peroksidaz aktiviteleri önemli seviyede artış göstermiştir. Bu sonuçlara göre selenyum toksisitesi buğday bitkisinin fidelerinde oksidatif hasara neden olduğu rapor edilmiştir.

Ülkemizde en fazla sarımsak tarımı yapılan toprakların ve sarımsağın selenyum içeriğinin belirlenmesi, toprak özellikleri ile selenyum yayınlılığı arasındaki ilişkilerin ortaya konulması ve sarımsağın selenyum ile zenginleştirilmesinin araştırması, sera ve tarla denemeleri olmak üzere 2 aşamalı olarak uygulanmıştır. Sera denemesinde topraktan 0, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 ve 5.0 mg kg⁻¹ ve bir doz yaprak uygulaması (% 0.01), tarla denemesinde ise yapraktan aynı doz ve topraktan 0, 12.5, 25, 50, 100 g da⁻¹ düzeylerinde sodyum selenat (Na₂SeO₄) uygulanmıştır. Sarımsak tarımı yapılan toprakların bitkiye yarayışlı selenyum içerikleri incelendiğinde; 1.32 ile 11.16 µg kg⁻¹ arasında değişen değerler belirlenmiş ve ortalama olarak 4.35 µg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur. Tarla denemesinde, 25 g Se da⁻¹ uygulamasında sarımsak yumrularının Se içeriğinin yetişkin insanların ihtiyaç düzeyini (70 µg gün⁻¹) karşılamak için yeterli seviyeye ulaştığı bulunmuştur (Türkmen, 2010).

Hawrylak-Nowak (2009), 50 mM NaCl stresi altındaki Polan F1 hıyar fidelerinin dayanımı üzerine selenyum uygulamalarının etkisini belirlemek için bir çalışma yürütmüştür. Bitki büyümesi beklendiği gibi tuzdan etkilenmiştir, ayrıca kuru madde üretimi ve fotosentetik pigmentlerin birikimi ciddi şekilde azalmıştır. 5 ve 10 µM selenyum uygulamaları gözle görülür oranda bitki gelişimini artırmış ve tuz stresi altındaki hıyar yapraklarında fotosentetik pigmentler ve proline içeriğini yükseltmiştir. Bu nedenle, tuz stresi altında selenyum uygulamaları fidelerde, lipid peroksidasyonuna karşı hücre membranlarını korumuştur. Dıştan selenyum uygulaması (5 ve 10 µM); bitki hücrelerinde antioksidan aktivitesini, proline birikimini ve klor iyonlarının azalmasını sağlamıştır. Tuz stresinde selenyum ilavesi ileri çalışmalar için umut verici olduğu bildirilmiştir.

Zahedi ve ark. (2009), araştırmada 2006 ve 2007 yıllarında iki yetiştirme sezonunda geç sezon kuraklık stresi koşullarında üç kanola çeşidinde verimin ve verim unsurları üzerindeki zeolitin topraktan uygulanması ve selenyumun (Se) yapraktan uygulamasının etkilerini incelemişlerdir. Çalışma alanı İran'ın Karaj kentindeki Tohum

ve Bitki Geliştirme Enstitüsündeki tarla olmuştur. Deneme 3 faktörlü 3 tekerrürlü tesadüf blokları deneme deseni şeklinde kurulmuştur. Sulama faktörleri kök uzaması aşamasından başlayarak tam sulama ve kısıtlı sulama olmak üzere iki düzeyde seçilmiştir. Zeolit 2 seviyede, kontrol ve 10 ton/hektar olarak uygulanmıştır. Ayrıca selenyum sodyum selenat (Na_2SeO_4) formunda 15 ve 30 gr/L dozunda yapraklara püskürtülerek uygulanmıştır. Bu uygulamalar üç kanola çeşidine (Zafram, Okapi ve Sarıgol) uygulanmıştır. Sonuçlar farklı sulama seviyeleri üzerinde anlamlıdır ve kuraklık stresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Selenyumun yapraktan uygulanması; bitki boyu, bitkide meyva sayısı üzerinde, tohum verimi, biyolojik verim, hasat verimi ve yağ veriminde önemli katkı ve etkisiye sahip olduğu bulunmuştur. Farklı uygulamalarda özellikle kuraklık stresinde zeolit ve selenyum uygulamasının verim ile ilgili özellikler üzerine olumlu ve önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta kuru topraklarda zeolit ve selenyum uygulamalarının geç sezon kuraklık stresi altında, verimin artırılmasına katkıda bulunabileceği ve verim azalmasını önleyebileceği rapor edilmiştir.

Orta Anadolu Bölgesinden seçilmiş illerin (Konya, Niğde, Nevşehir) toprak ve buğdayların Se içerikleri ve Orta Anadolu Bölgesinde yaygın olarak yetiştirilen ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinin selenyuma tepkileri bir sera denemesi ile belirlenmiştir. Seçilen illerden toplanan toprak ve buğday tanesi örneklerinin Se konsantrasyonlarının sırasıyla $0.56-9.76 \mu\text{g kg}^{-1}$ ve $10.13-96.01 \mu\text{g kg}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin %68'inde Se konsantrasyonunun ortalama $24.31 \mu\text{g kg}^{-1}$ 'in bile altında olduğu tespit edilmiştir. Se uygulama dozları (0, 0.2, 1 ve 5 mg Se kg^{-1}) buğday genotiplerinin içsel selenyum konsantrasyonlarını önemli şekilde artırırken, 1 ve 5 mg kg^{-1} Se uygulamaları dokularda aşırı Se birikiminden dolayı genellikle bütün genotiplerin yeşil aksam ve tane verimini azaltmıştır. 0.2 mg kg^{-1} Se uygulaması bile insan ve hayvan sağlığı açısından buğday tanesinde olması arzu edilen $100-1000 \mu\text{g kg}^{-1}$ Se seviyesinin çok üzerinde, 1 ve 5 mg kg^{-1} Se uygulamalarında ise toksik seviyelerde selenyum birikimine neden olmuştur (Harmankaya, 2009).

Selenyumun yüksek düzeydeki miktarları, hem bitkilerde hem de hayvanlarda yan etkilere yol açabilir. Bir sera denemesinde, kolza tohumu sodyum selenat (Na_2SO_4) ve sodyum selenit'in (Na_2SeO_3) farklı formları 4 mg kg^{-1} dozda bazik bir kumda, taban suyu yüksek toprak ortamında yetiştirilmiştir. Selenyum uygulanan kolza bitkilerinin toplam kuru madde verimi, kontrole göre önemli ölçüde daha düşük çıkmıştır. Bitkiler vejetatif büyümenin çok erken bir aşamasında strese girmiş ve daha az tohum kozası ve

çiçeklenme oluşmuştur. Bitki boyu ve yaprak üretimi Na_2SeO_4 'dan olumsuz etkilenmiştir. Na_2SeO_4 göre Na_2SeO_3 ile gübrelenen bitkilerde, yapraklardaki kuru madde miktarı önemli oranda yüksek bulunmuştur. Selenat ile gübrelenen bitkilerin sürgünlerinde 75-160 kat daha fazla Se birikmiş ve yoğun çiçeklenme aşamasında bu fark azalmış, rozet aşamasında selenit ile tedavi edilen bitkilere göre selenat ile gübrelenenlerde Se, bitki köklerinde 2-18 kat daha fazla birikmiştir. Kolza yaprakları rozet ve zirve çiçeklenme aşamasında biyokimyasal analize tabi tutulmuştur. Yapraklarda Se birikimi lipid peroksidasyonu, klorofil, vitamin C, serbest aminoasitler ve fenollerde bir düşüş olduğu tespit edilmiş, toplam çözünür şekerler ve nişasta konsantrasyonunda önemli bir artış bildirilmiştir (Sharma ve ark., 2010).

Nejat ve ark. (2009), mısır veriminde selenyum uygulamalarının ve su stresinin etkilerini değerlendirmek için çalışma yürütmüşlerdir. Deney 4 tekerrürlü tesadüf blokları deneme deseni şeklinde tasarlanmıştır. Sulama bütün çiçeklenme aşamasında ve büyüme periyodu sonuna kadar olan sulamadaki kesintiyi kapsayan sulama uygulamaları, ana plan olarak, SC700 ve SC613'ü kapsamaktadır, alt plan olarak selenyum sodyum selenit formunda ve 18 g/ha dozunda uygulanmıştır. Selenyum seviyeleri %99 olasılık düzeyinde, sulama uygulamaları ve mısır çeşitleri arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Stres koşulları altında verimde, bitki çeşidinin kıyaslanmasıyla %46 azalma olduğu belirlenmiştir. Su stresi altında selenyum uygulaması verimi artırmıştır. Ayrıca bin tane ağırlığı ve tane sayısı yükselmiştir. SC700 en yüksek bin tane ağırlığı ve verime sahip olduğu bildirilmiştir. Hem kontrol hem de kuraklık uygulamalarında, tohum dolum aşamasında, en yüksek yaprak alan indeksi gözlemlenmiştir. SC700 en düşük yaprak alana sahip olduğundan dolayı, selenyum uygulaması yaprak alan indeksini azalttığı rapor edilmiştir.

Yao ve ark. (2009), selenyumun kuraklık stresi altındaki buğday fidelerinin (ekmeklik buğday, Shijiazhuang No.8) yetişmesine ve fizyolojisine etkileri ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Buğday fidelerinin büyümesi ve fizyolojisi üzerine farklı Se konsantrasyonlarının etkileri incelenmiştir. Yüksek (3 mg Se kg^{-1}) ve daha düşük ($0.5 \text{ mg Se kg}^{-1}$) Se oranları biyokütle birikimi üzerinde etkili olmamıştır. 1 ve 2 mg Se kg^{-1} uygulamasında buğday fidelerinde biyokütle artışı olmuştur. 1.0 , 2.0 ve $3.0 \text{ mg Se kg}^{-1}$ uygulamasında buğday fidelerinin kök etkinliği artmış, prolin içeriği yüksek bulunmuş, peroksidaz (POX) ve katalaz (CAT) aktiviteleri, karoteneid (Car) içeriği, klorofil içeriği ve malondialdehit (MDA) içeriği azalmıştır. Düşük Se uygulamasının klorofil içeriği ve MDA içeriğine önemli ölçüde etkisi olmamasına rağmen, buğday fidelerinde bazı

antioksidanların POX ve CAT aktiviteleri, prolin ve Car içeriğinde artışlara neden olmuştur. Bu bulgular kuraklık koşullarında buğday fidelerinin büyümesi için selenyumun çok uygun olduğunu göstermiştir.

Lyons ve ark. (2009), selenyumun düşük bir dozunu sodyum selenit olarak şalgam yetiştirilen besin çözeltilisine eklemiştir. Toplam biyokütlede herhangi bir değişiklik olmamasına rağmen, Se uygulamasıyla tohum veriminde % 43 artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Hawrylak-Nowak (2008), mısır bitkisiyle yaptığı çalışmada selenyumun fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi makro elementlerin alınımına nasıl bir etkisinin olduğunu araştırmıştır. Selenyum selenit şeklinde 5, 25, 50 ve 100 $\mu\text{mol}/\text{dm}^{-3}$ olarak uygulanmıştır. Kurutulan sürgünlerden fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriği analiz edilmiştir. Kökteki selenyum konsantrasyonu artırılınca potasyum konsantrasyonu azalmış, ancak fosfor ve kalsiyum konsantrasyonu artmıştır. Magnezyum için önemli bir farklılık bulunamamıştır. Selenyum konsantrasyonu arttıkça bitki büyümesi olumsuz etkilenmiştir. Düşük selenyum konsantrasyonu (5 $\mu\text{mol}/\text{dm}^{-3}$) bitki büyümesini ve kuru ağırlığını artırırken kök uzamasını da uyarmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda selenyum uygulamalarında (50-100 $\mu\text{mol}/\text{dm}^{-3}$) ise bitkinin kuru ağırlığı ve kök uzaması azalmıştır. Yüksek selenyum konsantrasyonlarının, bitkilerin biyokütlelerinin azalması, mineral denge bozuklukları ve gövdede kalsiyum, fosfor gibi makrobesinlerin büyük miktarlarda birikimi gibi olumsuz etkilerinin olabileceğini ortaya koymuştur.

Mohammadkhani ve Heidari (2008), iki mısır varietesinin (704 ve 301) çözünür proteinleri üzerine kuraklık stresinin etkisini araştırmıştır. Kuraklık stresi PEG 6000 ile oluşturulmuştur. Kuraklık stresi kontrole 0 olmak üzere sırasıyla -0.15, -0.49, -1.03, -1.76 MPa şeklinde uygulanmıştır. Kuraklık altındaki toplam çözünür protein miktarı öncelikle artmış ve daha sonra her iki varyetende kök ve yapraklarında azalmıştır. Her iki varyetende köklerinde toplam çözünür protein azalması eşit olmasına rağmen 301 nolu varyetenin yapraklarında 704 nolu varyeteye göre daha yüksek bulunmuştur. Kuraklıkta, kök ve gövdenin taze ağırlığı 704 varyetesinde 301 varyetesinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 704 nolu varyetenin kök ve yapraklarında dehidrin-benzeri protein birikmesi 301 nolu varyeteden daha fazla olmuştur. Protein değişiklikleri ve kuraklık toleransı arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Ducsay ve ark. (2007), kışlık buğday tanesinde Se birikimi ve tane Se alımı üzerine farklı Se seviyelerinin (0, 0.5, 1.0, 10 ve 20 g Se ha⁻¹) yapraktan

uygulanmasının etkilerini tarla şartlarında incelenmişlerdir. Selenyum altıncı yaprağın büyüme aşamasında sodyum selenit formunda uygulanmıştır. Artan seviyelerde Se uygulamaları tane verimini etkilememiştir. 10 ve 20 g Se ha⁻¹ uygulamalarının her ikisi de bütün deneme süresince tanedeki Se birikimini çok önemli oranda artırmıştır. Tane kuru maddesindeki ortalama Se içeriği, Se uygulanmamış gruplarda 0.039 ± 0.015 mg kg⁻¹ iken 10 ve 20 g Se ha⁻¹ uygulamalarında sırasıyla 0.094 ± 0.015 ve 0.192 ± 0.088 mg kg⁻¹ değerlerine ulaşmıştır. Araştırmacılar 10 g Se ha⁻¹ uygulama dozunun kışlık buğday tanesinde arzu edilen Se seviyesini elde etmek için yeterli olacağını ifade etmişlerdir.

Çakır (2007), Se toksisitesinin fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerini iki farklı arpa (Tarm 92 ve Bülbül 89) çeşidinin on günlük fidelerinde araştırmıştır. Çalışmada kontrol dahil beş farklı selenyum (Na₂SeO₄) uygulaması yapılmıştır (kontrol, 2 ppm, 4 ppm, 8 ppm, 16 ppm). İlk olarak artan selenyum dozlarının bitki boyuna etkileri araştırılmış ve doz artışına bağlı olarak boy uzunluğunda düşüş gözlenmiştir. Selenyum uygulamalarının doz artışına bağlı olarak bitkide klorofil miktarı azalmıştır. Dokuda biriken malondialdehit (MDA) miktarları, lipid peroksidasyonunun selenyum stresi altındaki her iki arpa çeşidinin yaprak dokularında yükseldiğini göstermiştir. Selenyum toksisitesi her iki arpa çeşidinin yaprak dokularında doz artışına paralel olarak prolin birikimini de artırmıştır. Süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz, glutatyon redüktaz, glutatyon S-transferaz aktiviteleri selenyum uygulaması yapılmamış kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli seviyede artış göstermiştir. Bu sonuçlara göre selenyum toksisitesi arpa fidelerinde oksidatif hasara yol açmakta olup çalışılan her iki arpa çeşidi de selenyum stresine benzer tepkiler vermiştir.

Arnault ve Auger (2006), sarımsak (*Allium sativum*), soğan (*Allium cepa*) ve yabani pırasanın topraktan aldıkları Se'ü biriktirme yeteneğinde olduklarını, selenyumca zengin bu bitkilerin kanserojenlere karşı koruyucu olduklarını bildirmişlerdir.

Yılmaz (2006), farklı dozlarda gerçekleştirilen sodyum selenit (Na₂SeO₃) ve sodyum selenat (Na₂SeO₄) uygulamalarının üç tescilli arpa (Çetin 2000, Bülbül 89 ve Tarm 92) çeşidinde selenyum, kükürt, azot Emilimi ve aminoasit profili üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Denemede üç arpa çeşidine, kontrol dahil 5 selenit dozu (0 mg, 1 mg, 2 mg, 3 mg, 4 mg) ve kontrol dahil 5 selenat dozu (0 mg, 0.25 mg, 0.50 mg, 0.75 mg, 1.00 mg) uygulanmıştır. Uygulanan bütün çeşitlerde selenyum miktarının kökte,

tane ve gövdeye oranla daha fazla biriktiği görülmüştür. Deneme sonucunda Çetin 2000 ve Bülbül 89 çeşitlerinde kök ve tanedeki ortalama selenyum içeriğinin birbirine yakın, Tarm 92 çeşidinde ise en düşük olduğu tespit edilmiştir. Artan selenyum dozlarına bağlı olarak serbest aminoasit, esansiyel aminoasit, esansiyel olmayan aminoasit ve prolin miktarı en yüksek olan çeşit Tarm 92 olmuştur.

Odabaş ve Yılmaz (2006), farklı dozlarda gerçekleştirilen sodyum selenit (Na_2SeO_3) ve sodyum selenat (Na_2SeO_4) uygulamalarının üç tescilli arpa çeşidinde (*Hordeum vulgare*) selenyum, kükürt, azot Emilimi ve aminoasit profili üzerindeki etkilerini incelemiştir. Artan dozlarda uygulanan selenyumun, bitkilerde kök, gövde ve tanede selenyum, azot ve kükürt alımını etkilediği ve buna bağlı olarak aminoasit profilinde değişikliklere neden olduğu gözlenmiştir. Selenit ve selenat uygulanan bitki çeşitlerinde artan dozlara bağlı olarak selenyum Emiliminde farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Uygulanan bütün çeşitlerde selenyum miktarının kökte, tane ve gövdeye oranla daha fazla biriktiği bildirilmiştir.

Rani ve ark. (2005) tarafından 0 ile 25 ppm arasında değişen 17 farklı Se dozu uygulamasıyla yapay olarak kirletilen bir toprakta, hardal, buğday, mısır ve pirinç bitkilerinin yetiştirilmesi şeklinde gerçekleştirilen bir sera çalışmasında; sırasıyla 52, 55, 54 ve 50 gün sonra hasat edilen bitkilerde kuru ağırlık, fosfor, kükürt ve selenyum birikimleri incelenmiştir. Bitki kuru ağırlığı ile selenyum uygulama dozu arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Çalışma kapsamındaki tüm bitkilerin Se içerikleri kirlenme düzeyine paralel olarak belirgin bir artış göstermiş ve mısır bitkisi için kontrol uygulamasında 1.9 ppm olarak belirlenen Se içeriği, en yüksek uygulama dozunda 161.21 ppm'e ulaşmıştır.

Djanaguiraman ve ark. (2004), soya fasulyesinin yaşlanması üzerine selenyumun (sodyum selenat) etkisini incelemek üzere bir deneme yapmışlardır. Selenyumun 5 ppm dozu, tohum üzerine ve 50 ve 100 ppm dozları yapraklardan sprey şeklinde olmak üzere 45, 60 ve 75. günlerde uygulanmıştır. Yaşlanmayı geciktirmek üzerine selenyumun etkisi katalaz ve peroksidaz enzimlerinin aktiviteleri artmış ve daha fazla yaprak meydana gelmiştir. Selenyum uygulanan soya bitkilerinde önemli verim artışı, yaprak sayısı ve yaprak alanı genişliği üzerine olumlu etkileri belirlenmiştir.

Lyons ve ark. (2004), buğday tanelerinin Se konsantrasyonu, protein konsantrasyonu ve verimi üzerine farklı miktarlarda topraktan ya da yapraktan (0, 10, 30, 100, 300 g Se ha⁻¹) Se, S ve N uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. İki farklı toprak tipi üzerinde yapılan tarla denemelerinde tane Se konsantrasyonunun artan

dozlarda topraktan ya da yapraktan uygulanan Se ile devamlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Toprağa uygulanan Se, tane Se konsantrasyonunu 20-133 kat, yapraktan uygulanan Se ise 6-20 kat artırmıştır. Her iki alanda da uygulama oranı ve metodu tane verimini etkilememiştir. Toprağa nispeten düşük oranda uygulanan S (30 kg S ha^{-1}) tane Se konsantrasyonunu %16 azaltmıştır. Tane Se konsantrasyonlarındaki farklılıklar muhtemelen deneme alanları arasında elverişli Se konsantrasyonundaki aşırı değişkenlik göstermesinden (yaklaşık 100 kat) kaynaklanmış olabilir. Tane verimi, çeşitler ya da Se, S, N uygulaması ile etkilenmemiştir. Tane proteini ve kükürt konsantrasyonları geç dönemlerde yapraktan üre uygulaması ile artırılmıştır. Araştırmacılar, sodyum selenat ile gübrelemenin insan sağlığı için yeterli Se konsantrasyonlarını içeren buğdayı üretmenin masrafsız ve pratik bir yol olduğunu bildirmişlerdir.

Sarımsak (*Allium sativum* L.), soğan (*Allium cepa* L.), brokoli (*Brassica oleracea* L.) ve yabani pırasa (*Allium tricoccum* L.) gibi Se biriktiricisi bitkilerde baskın şekilde bulunan ve bir selenoaminoasit olan Se-metilselenosisteinin (Whanger, 2002) kansere karşı koruyucu etkide bulunduğu bildirilmiştir (Finley, 2003).

Xianyou ve ark. (1999), topraklarda Se formunun dağılımı ve yarayırlılığını belirlemek üzere Çin (Hebei Province)'de 0, 10, 50 ve $100 \text{ mg Se kg}^{-1}$ düzeyinde selenyum uygulanmış üç farklı toprakta mısır bitkisinin yetiştirildiği saksı denemesi kurmuşlar, Se formlarının dağılımının pH gibi toprak özelliklerinden etkilenmekte olduğunu ve böylece toprakta Se noksanlığı veya yarayırlılığının artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Arpa tanesinin selenyum konsantrasyonu üzerine selenit ve selenatın etkisi karşılaştırılmıştır. Bu amaçla ekim esnasında toprağa üç farklı Se kaynağı (sodyum selenat, sodyum selenit ve kalsiyum selenit) üç farklı dozda ($10, 20$ ve 40 g Se ha^{-1}) uygulanmıştır. Sodyum selenat formunda 10 g Se ha^{-1} uygulama dozu arpa tanesinin Se konsantrasyonunu $234 \mu\text{g Se kg}^{-1}$ 'a, 40 g Se ha^{-1} uygulama dozu ise $959 \mu\text{g Se kg}^{-1}$ 'a yükseltmiştir. Hem kalsiyum selenit hem de sodyum selenit en yüksek 40 g Se ha^{-1} uygulama dozunda bile tane Se konsantrasyonunu artırmada etkisiz olmuştur (Gupta ve ark., 1993).

Sera şartlarında farklı oranlarda Se^{+6} ve SO_4^{-2} içeren solüsyon kültüründe arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve çeltik (*Oryza sativa* L.) yetiştirilerek, bitki SO_4^{-2} ve Se^{+6} alımı arasındaki sinerjistik etkileşim araştırılmıştır. Düşük konsantrasyonlarda SO_4^{-2} içeren solüsyon ortamına artan dozlarda Se^{+6} ilavesi bitkilerin gövde ve kök verimini önemli

oranda düşürmüştür. Bununla birlikte, ortama artan konsantrasyonlarda SO_4^{-2} ilavesi, Se^{+6} 'nın verim üzerine olumsuz etkisini engellemiştir. Se^{+6} ve SO_4^{-2} arasındaki sinerjistik ilişki, düşük konsantrasyonlarda SO_4^{-2} içeren solüsyon ortamına artan konsantrasyonlarda Se^{+6} ilavesi ile gövde S konsantrasyonlarında artışa neden olmuştur. Solüsyon ortamına artan dozlarda SO_4^{-2} ilavesi bitkilerin gövde ve kök Se konsantrasyonlarını önemli ölçüde düşürmüştür (Mikkelsen ve Wan, 1990).

Stephen ve ark. (1989), sonbaharda ekilen buğdayın gelişimi, tane verimi ve selenyum konsantrasyonu üzerine Se'un (sodyum selenat formunda) uygulama metodu ve uygulama dozlarının etkisini incelemiştir. Bu amaçla biri siltli tın diğeri killi tın tekstüre sahip iki farklı arazide, buğdaya dört farklı selenyum dozunu (5, 10, 15 ve 20 g $Se\ ha^{-1}$), tohuma kaplama, prill şeklinde ekim esnasında, kardeşlenme ortasında ve başak çıkışında yapraktan olmak üzere dört farklı metotla uygulamışlardır. Her iki deneme alanında da sodyum selenat uygulaması vejetatif büyüme ve tane veriminde küçük düşümlere neden olmuştur. Fakat olgun bitkilerde ve onların fraksiyonlarında (saman, tane, un ve kepek) Se konsantrasyonlarını artırmıştır. Olgun bitkilerdeki selenyum konsantrasyonu üzerine başak çıkışında yapraktan uygulanan selenyumun etkisi diğer uygulama metotlarından daha etkili olmuştur. Bitki Se konsantrasyonundaki artış siltli tınlı toprakta killi tınlı topraktakinden %32 daha fazla olmuştur. Araştırmacılar, insan ve hayvan sağlığı bakımından buğday tanesinde arzu edilen Se seviyesini (0.1 mg $Se\ kg^{-1}$) elde etmek için 10 g $Se\ ha^{-1}$ uygulama dozunun yeterli olacağını bildirmişlerdir.

Arpa (*Hordeum vulgare* L.) tanesi ve yonca (*Medicago sativa* L.) ve çayır kelp kuyruğu (*Phleum pratense* L.) yaprağındaki Se konsantrasyonu üzerine yapraktan sodyum selenit uygulamalarının (5, 10, 20, 40 ve 80 g $Se\ ha^{-1}$) etkilerini belirlemek için 5 yıl boyunca iki lokasyonda tarla denemeleri kurulmuştur. 10-20 g $Se\ ha^{-1}$ uygulamaları arpa tanesi ve yem bitkilerinin Se konsantrasyonlarını çiftlik hayvanlarında Se eksikliğini önlemek için gerekli olan seviyelere çıkarmıştır. En yüksek Se uygulama miktarı (80 g $Se\ ha^{-1}$) bitkilerin içsel Se konsantrasyonunu çayır kelp kuyruğunda 706 $\mu g\ kg^{-1}$, yoncada 546 $\mu g\ kg^{-1}$ ve arpa tanesinde 316 $\mu g\ kg^{-1}$ düzeylerine yükseltmiştir. Benzer uygulamalarda ölçülen bitki Se konsantrasyonları yıldan yıla değişmiş fakat uygulanan Se seviyelerine bitkilerin tepkileri genellikle benzer oranlarda olmuştur. Benzer uygulama oranları için Se konsantrasyonları arpa tanesinde yemlerdekinden daha düşük olmuştur (Gupta ve ark., 1988).

Kırmızı renkli bitkilerde selenyum miktarının, bitkinin kırmızı kısmında içi renksiz kısma göre daha fazla olduğu ve sonuç olarak kırmızı bitkilerde (elma, turp,

havuç, lahana) selenyumun kırmızı renk oluşumunda rol oynadığı bildirilmiştir (Halilova, 1973; Halilova, 1974).

Normal tarım topraklarında yetişen pek çok tahıl bitkisinin yapraklarının Se kapsamının genelde 1 mg kg⁻¹'dan az ve çoğunlukla 0.1 mg kg⁻¹'dan düşük olduğu bildirilmiştir (Bisbjerg ve Gissel-Nielsen, 1969; Gissel-Nielsen ve Bisbjerg, 1970; Cary ve Allaway, 1973; Gupta ve Winter, 1975). Lokal olarak bulunması veya toprağına selenat ilavesine bağılı olarak tahıllarda Se düzeyi 20-30 mg kg⁻¹ olabilmektedir (Olson ve ark., 1942; Singh ve ark., 1976). Uçucu küllerin ilave olduğu topraklarda yetişen bitkilerde selenyum düzeylerinin dikkate değer ölçüde arttığı bildirilmiştir (Furr ve ark., 1976; Furr ve ark., 1978). Ana bitkinin yetiştiğı koşullara bağılı olarak tohumlardaki Se düzeyinin oldukça değiştiiği rapor edilmiştir (Peterson ve Butler, 1962; Broyer ve ark., 1972; White ve ark., 1981).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bitki Materyalinin Temini ve Saklanması

Tez çalışmamızda kullandığımız mısır çeşidi olan Şafak (*Zea mays* L. cv. *şafak*) tohumları Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM)'nden temin edilmiştir. Laboratuvara getirilen tohumlar denemenin kurulması aşamasına kadar +4 °C'de saklanmıştır.

3.2. Deneme Serilerinin Hazırlanması

Mısır fideleri kontrollü koşullara sahip iklim odasında su kültürü ortamında yetiştirilmiştir. Gerekli ısı, ışık, nem ve ayrıca sterilizasyon kontrolleri yapılmıştır. Mısır bitkilerinin tohum çimlenmesi ve çimlenme sonrası fidelerin, büyüme ve gelişme süresince iklim odasında % 70 nem, 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık fotoperiyotta, 24±1 °C sıcaklık ile 350 µmol m⁻²s⁻¹ ışık intensitesi olacak şekilde yetiştirilmiştir.

3.2.1. Fidelere uygun selenyum (Se) ve PEG konsantrasyonunun belirlenmesi

Fidelere uygun selenyum (Se) ve kuraklık (PEG konsantrasyonunu) dozlarını belirlemek için ön deneme kurulmuştur. Dolgun görünüşlü, sağlam ve birbirine benzer büyüklükte olan mısır tohumları seçilerek kullanılmadan önce yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Sterilizasyon için tohumlar % 5'lik sodyum hipoklorid içerisinde 15 dakika tutulduktan sonra steril deiyonize su ile yıkanmıştır. Tohumlar 15'şer adet gruplandırılarak içerisinde deiyonize su bulunan petri kutularında kurutma kağıdı üzerinde 24±1 °C'de, karanlık ortamda iklim odasında çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlendirilen tohumlar, su kültürü ortamına aktarılmıştır. Fideler 21 gün süresince su kültürü ortamında kontrollü şartlar altında (12 saat ışık/12 saat karanlık, 24±1 °C sıcaklık, % 70 nem, 350 µmol m⁻²s⁻¹ ışık yoğunluğu) büyütülmüş, selenyum ve kuraklık uygulamasına geçilmeden önce fideler gruplandırılmıştır. Gruplandırılan fidelere 5, 10, 15, 30, 50 ve 100 µM Se (sodyum selenat) dozları ile % 10, 25, 30 ve 40 konsantrasyonlarda PEG uygulanmıştır. Süre sonunda fideler hasat edilerek malondialdehit (MDA) içerikleri belirlenmiştir. Lipidlerin peroksidasyon seviyeleri, kuraklıkla indüklenen oksidatif stresin şiddetinin ve bitki duyarlılık derecelerinin

değerlendirilmesinde önemli bir yere sahiptir. Fidelerin lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi ile en uygun Se ve PEG dozları tespit edilmiştir. Elde edilen verilerle tezimizin ana denemesinde kullanılacak Se dozları 5 ve 15 µM, PEG konsantrasyonu ise % 25 olarak kullanılmasına ve uygulama süresinin 8 saat olmasına karar verilmiştir.

3.2.2. Denemenin kurulması

Sağlam, dolgun görünüşlü ve az çok birbirine benzer büyüklükte olan mısır tohumları seçilip % 5'lik sodyum hipoklorid içerisinde 15 dakika tutulduktan sonra steril deiyonize su ile yıkanmıştır. Tohumlar 20'şer adet gruplandırılarak içerisinde deiyonize su bulunan petri kutularında kurutma kağıdı üzerinde 24±1 °C'de, 12 saat ışık/12 saat karanlıktaki iklim odasında çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlendirilen tohumlar, su kültürü ortamına aktarılmıştır. Fideler uygulama süresine kadar 12 saat ışık/12 saat karanlık, 24±1 °C sıcaklık, % 70 nem, 350 µmol m⁻²s⁻¹ ışık yoğunluğunda büyütülmüş ve kuraklık uygulamasına geçilmeden önce fideler gruplandırılarak 6 farklı bitki grubu [Kontrol (C), S1 (5 µM Se), S2 (15 µM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 µM Se)] ve PS2 (%25 PEG+15 µM Se)] oluşturulmuştur. Kuraklık uygulaması için PEG 6000 (Merck) kullanılmıştır. PEG 6000, 8 saat süresince Hoagland çözeltilisine karıştırılarak uygulanmıştır. Kuraklık uygulamasının 8. saatinde bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen örnekler yapılacak analizlere uygun şekilde -80 °C' de saklanmıştır.

3.3. Analiz Yöntemleri

Kuraklığın mısır fidelerinin fizyolojik etkileşimini belirlemek ve amaçta belirtilen hedeflere ulaşabilmek için bitkilerde aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır;

- Köklerin ve yaprakların bağıl su içeriklerinin (RWC) belirlenmesi,
- Köklerin ve yaprakların bağıl büyüme oranlarının (RGR) belirlenmesi,
- Köklerin ve yaprakların ozmotik potansiyellerin belirlenmesi,
- Köklerin ve yaprakların prolin içeriklerinin belirlenmesi,
- Köklerin ve yaprakların glisin betain içeriklerinin belirlenmesi,
- Köklerin ve yaprakların karbonhidrat içeriklerinin belirlenmesi,
- Fotosentetik verimlerinin (Klorofil floresans) ölçümü
- Köklerin ve yaprakların lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi.

3.3.1. Büyüme parametreleri

3.3.1.1. Köklerin ve yaprakların bağıl su içerikleri (RWC)

Fidelerin bağıl su içeriklerini belirlemek için her bir gruptan 6 yaprak ve 6 kök örneği alınarak yaş ağırlıkları (YA) belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen yaprak ve kökler düşük ışık altında deiyonize su içinde petrilere 6 saat boyunca bekletilerek turgorlu ağırlıkları (TA) tespit edilmiştir. Turgorlu yapraklar ve kökler 72 saat boyunca 70 °C’de bekletilerek kuru ağırlıkları (KA) ölçülmüştür. Her bir gruba ait kök ve yaprak örneklerinin bağıl su içerikleri aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplanmıştır (Smart, 1974).

$$\text{Bağıl Su İçeriği} = [(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100$$

3.3.1.2. Köklerin ve yaprakların bağıl büyüme oranları (RGR)

Köklerin ve yaprakların bağıl büyüme oranlarını belirlemek için bitkilerden 6 yaprak ve 6 kök örneği alınarak örnekler 70 °C’de 72 saat etüvde bekletilmiş ve ardından kuru ağırlıkları alınarak, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Hunt ve ark., 2002).

$$\text{Bağıl Büyüme oranı: } (KA_2 - KA_1)/(H_2 - H_1)$$

(KA₁: 1. Hasattaki ağırlığı (mg), KA₂: 2. Hasattaki ağırlığı (mg), H₁: 1. Hasat süresi, H₂: 2. Hasat süresi)

3.3.1.3. Köklerin ve yaprakların ozmotik potansiyel ölçümleri

Köklerin ve yaprakların ozmotik potansiyelleri, Wescor 5600 marka ozmotik potansiyel cihazı ile mmol kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Ölçümler her bir gruptan beşer tekrarlı olarak kaydedilmiştir. Sonuçlar, Santa-Cruz ve ark. (2002)’a göre 2.408x10⁻³ katsayısıyla çarpılarak MPa’a çevrilmiştir.

3.3.2. Köklerin ve yaprakların prolin miktarının belirlenmesi

Köklerin ve yaprakların prolin miktarının belirlenmesi Bates ve ark. (1973)'nin metoduna göre yapılmıştır. 0.1 g yaprak ve kök örnekleri alınarak % 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edildikten sonra süzülerek filtre edilmiştir. Elde edilen homojenata asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit ilave edilerek 100 °C'de 1 saat süre ile su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra reaksiyonun durdurulması amacıyla karışım buz banyosunda soğuyuncaya kadar tutulmuştur. Soğutma işleminden sonra karışıma toluen ekstrakte edilmiştir. Toluene sıvı fazdan aspire edilmiş ve oda sıcaklığında soğutulup absorban değerleri spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunmuştur. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanmış ve $\mu\text{mol prolin g}^{-1}$ YA olarak belirtilmiştir.

3.3.3. Köklerin ve yaprakların glisin betain içerikleri

Köklerin ve yaprakların glisin betain içeriklerinin belirlenmesi Grieve ve Grattan (1983)'nin metoduna göre yapılmıştır. Ependorf tüpleri içerisine 0.05 g kurutulmuş kök ve yaprak örnekleri tartılarak üzerlerine 1'er ml deiyonize su pipetlenir. Ardından tüpler çalkalayıcıya konularak 250 rpm'de 24 saat çalkalanmıştır. Süre sonunda örnekler 3000 g'de 5 dakika santrifüjlenmiştir. 25'er μl süpernatant yeni bir tüpe aktarılmıştır. Glisin betain içeriği için 1:1 oranında 2 N H_2SO_4 ile dilüsyon yapılmıştır. Tüpler 1 saat 0 °C'de bekletilmiştir. Süre sonunda tüpelerin içerisine 20 μl KI-I₂ pipetlenmiş ve 0 ya da 4 °C'de 16 saat karanlıkta bekletilmiştir. Ardından 0 °C'de 10000 g'de 15 dakika santrifüjlenmiştir. Süpernatant dikkatlice iyice uzaklaştırılmıştır. Tüpün tabanında biriken periodid kristalleri, 900 μl 1,2-dikloroethan pipetlenerek 2-2.5 saat oda sıcaklığında şiddetli bir şekilde vortekslenerek çözülmüştür. Spektrofotometrede 365 nm dalga boyunda okuma yapılarak örnek içerisindeki glisin betain içeriği tespit edilmiştir.

3.3.4. Köklerin ve yaprakların karbonhidrat içerikleri

Örneklerin total karbonhidrat içerikleri Albalasmeh ve ark. (2013)'nin fenol-sülfat metoduna göre yapılmıştır. 0.1 g kök ve yaprak örnekleri % 3'lük H_2SO_4 ile homojenize edilmiş, 10000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir. Elde edilen süpernatantlar içerisine % 5'lik fenol çözeltisi, konsantre H_2SO_4 ilave edilerek spektrofotometrede 490

nm dalga boyunda okuma yapılarak örnek içerisindeki total karbonhidrat içerikleri belirlenmiştir.

3.3.5. Yapraklarda klorofil floresans ölçümleri

Klorofil floresans ölçümleri, kontrol, selenyum, kuraklık ve Kuraklık + Se uygulanmış gruplardan; kuraklık uygulamasının 8. saatinde, uygulamaya ait her gruptan 5 farklı bitkinin en üstteki katlanmamış yaprakları kullanılarak yapılmıştır. Her gruptan yaklaşık 1 cm² yüzey alanına sahip yaprak örnekleri alınarak, yaprak floresansının daha önceden tespit edilen en yüksek değere ulaştığı süre boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Bitki verim analiz cihazı (Plant Efficiency Analyser-Hansatech Instruments Ltd.) ile yaprakların doygun ışık demetine maruz bırakılmasıyla, değişken olmayan bazal klorofil floresansı (*F_o*), maksimum floresans indüksiyonu (*F_m*), değişken floresans (*F_v*) ve *F_v/F_m* oranları belirlenmiştir. Türün strese gösterdiği yanıtı belirlemek için özellikle PS-II'nin fotokimyasal verimi (Maksimum kuantum verimi *F_v/F_m*) dikkate alınmıştır.

3.3.6. Köklerin ve yaprakların lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi

Lipit peroksidasyonunun belirlenmesi için, lipit peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) seviyesi Madhava Rao ve Sresty (2000)'nin tanımladığı yöntemle yapılmıştır. 0.1 g kök ve yaprak örnekleri, trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edilmiştir. Santrifüjden sonra tüplere aktarılan süpernatanta, tiobarbitürik asit (TBA) ve TCA içeren reaksiyon karışımı pipetlenmiş ve tüm deney tüpleri 95 °C'de 30 dk kaynatılmıştır. Karışım 12.000 xg 15 dk santrifüjlenmiştir. Oluşan süpernatantın 532 ve 600 nm'deki absorbans değerleri okutulmuştur. MDA konsantrasyonu, ekstinksiyon katsayısı ($\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) kullanılarak hesaplanmış ve nmol g⁻¹ YA olarak ifade edilmiştir.

3.3.7. İstatistiksel Analizler

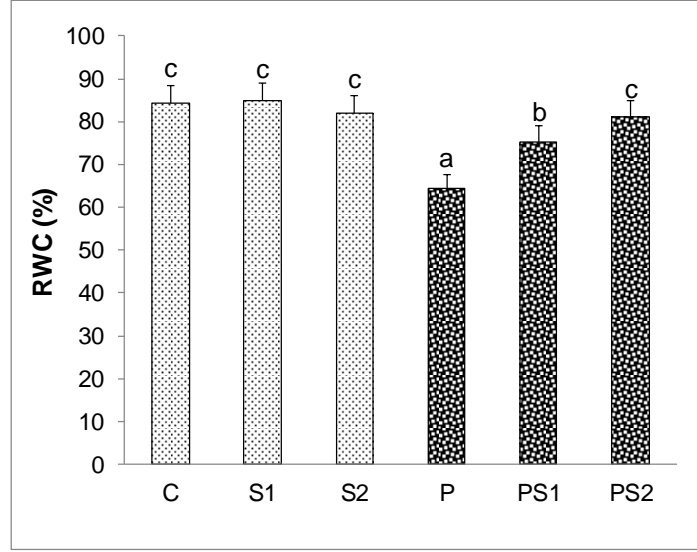
Tüm uygulamalar birbirinden bağımsız olarak en az 3 kez tekrar edilmiştir ve her bir bulgu, büyüme parametreleri dışında (n=10) 2 tekrardan oluşmaktadır (n=6). Elde edilen sonuçlar tek-yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile analiz edilmiş

ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Lowest Standard Deviations (LSD) testi ile karşılaştırılmıştır. Analizlerde $P < 0.05$ olan değerler istatistiksel bakımdan anlamlı kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS programı (standart versiyon 13.0) ile gerçekleştirilmiştir. Bütün şekillerdeki hata çubukları ortalama standart hatayı göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Köklerin ve Yaprakların Bağlı Su İçerikleri (RWC)

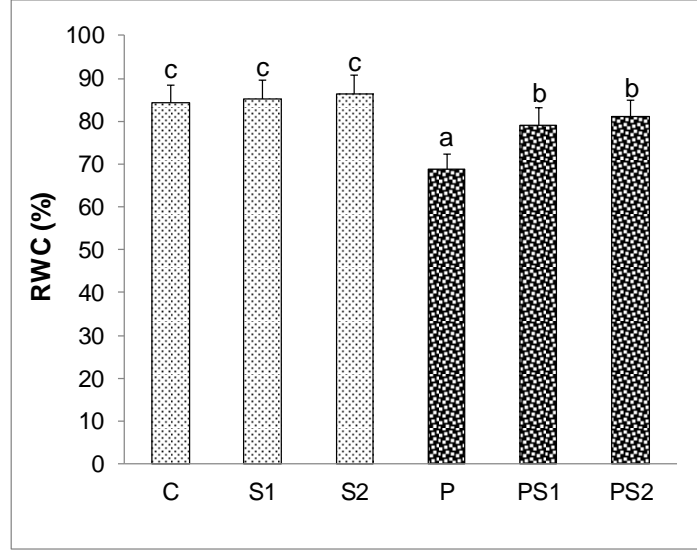
Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan uygulanan selenyumun kök bağlı su içeriklerinde (RWC) meydana getirdiği değişimler Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun kök bağlı su içeriklerinde (RWC) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 ($5 \mu\text{M}$ Se), S2 ($15 \mu\text{M}$ Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+ $5 \mu\text{M}$ Se) ve PS2 (%25 PEG+ $15 \mu\text{M}$ Se)

Kontrol, S1, S2, P, PS1 ve PS2 gruplarındaki köklerdeki bağlı su içerikleri (RWC) sırasıyla %84.25, %84.87, %82, %64.42, %75.23 ve %80.95 olarak bulunmuştur. Sadece selenyum uygulanan grupların RWC’si kontrole göre değişmezken, kuraklık uygulanan köklerde %23.54 azalmıştır. Sadece kuraklık uygulanan köklerle kuraklık+selenyum uygulanan gruplar karşılaştırıldığında PS1’de %16.78 ve PS2’de %25.66 artış gözlenmiştir. Özellikle PS2 grubunda yer alan köklerin su içerikleri kontrol seviyesine yakındır. Kuraklık stresiyle birlikte $15 \mu\text{M}$ Se uygulanması su içeriğinin korunmasında daha etkili olduğu söylenebilir (Şekil 4.1).

PEG stresi altındaki mısır fidelerine ekzojen selenyumun yaprak bağlı su içerikleri üzerine meydana getirdiği değişimler Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprak bağıl su içeriklerinde (RWC) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)

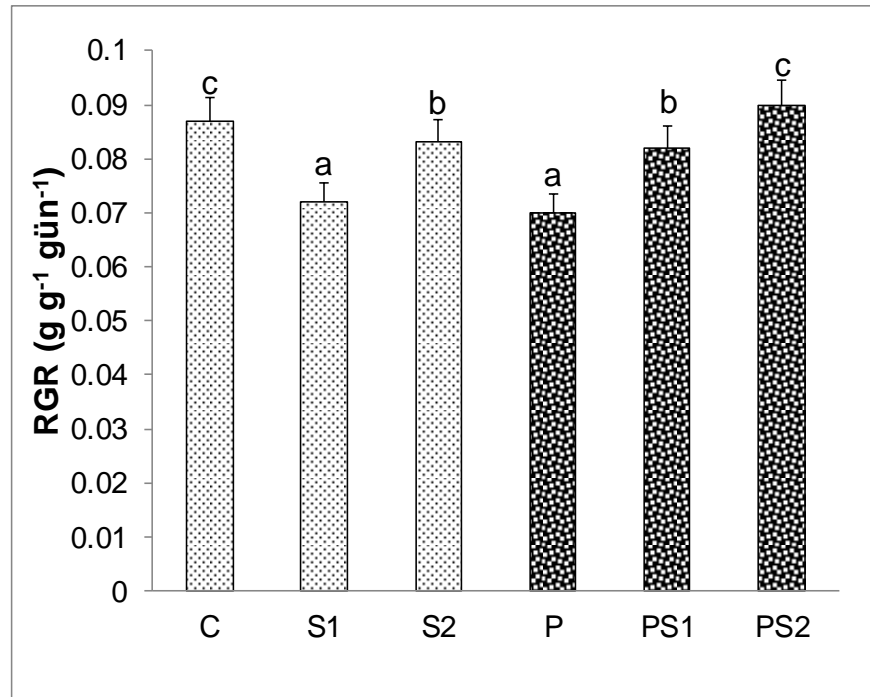
Şekil 4.2’de görüldüğü gibi yaprakların su içerikleri sırasıyla %84.3, %85.24, %86.43, %68.84, %79.15 ve %80.95 olarak tespit edilmiştir. Yaprakların kontrol ile sadece selenyum uygulanan gruplar arasında RWC’de değişim gözlenmezken, kuraklık uygulanan gruplarda % 18.34 azalma meydana gelmiştir. PEG ile birlikte her iki Se uygulaması yaprakların su içerikleri üzerine pozitif yönde etki etmiştir. Yalnız kuraklık uygulanan gruplar ile kuraklık+selenyum uygulanan gruplar karşılaştırıldığında PS1’de % 14.98 ve PS2’de % 17.59 artış gözlenmiştir. Köklerde olduğu gibi RWC’de en fazla olumlu etkiye yüksek Se konsantrasyonu olan 15 μM Se uygulamalarında rastlanmıştır.

Bitkilerin bağıl su içeriği, çevresel koşullar altında değişen ve bitkinin içinde bulunduğu ortamdaki su durumunu gösteren önemli parametrelerden birisidir (Demiral ve Turkan, 2004). Kuraklık stresinin farklı bitkilerde gerçek su miktarının azalmasına neden olduğunu gösteren çalışmalar vardır (Ayaz ve ark., 2001; Guerfel ve ark., 2009; Hu ve ark., 2010; Terzi ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2010). Ayrıca, Türkan ve ark. (2005) fasulye bitkisinde, Romanello ve ark. (2008) hint kamışı (*Acorus americanus*) bitkisinde yaptıkları çalışmalarda; kuraklık stresine bağlı su içeriğinin azaldığını rapor etmişlerdir. Kuraklık stresi şartlarında Se’un püskürtülmesi RWC üzerinde pozitif yönde etkiye sahip olmuş ve su içeriğini artırmıştır. Dhillon (2002), selenyumun yapraklara püskürtmesinin antioksidan enzimleri artırdığını ve bitkinin kuraklığa karşı direncini geliştirdiğini bildirmiştir. Se kuraklık koşulları altında bitkilerin su durumunu düzenleyebilme kabiliyetine sahiptir (Kuznetsov ve ark., 2003) ve Se’un kuraklık stresi

şartları altında kök sisteminin su alım kapasitesinin artırarak koruyucu etki göstermektedir (Kuznetsov ve ark., 2003). Selenyumun RWC'nin artması üzerindeki pozitif rolü, PEG+Se uygulanan *Trifolium repens* L. fidelerinin yalnız PEG uygulanan fidelerden daha yüksek bir RWC'sinin olduğunu gözlemleyen Wang (2011) tarafından belirtilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen değerler önceki Se çalışmaları ile kıyaslandığında; Teimouri ve ark. (2014) ve Nawaz ve ark. (2015b)'nin çalışmalarını desteklemektedir.

4.2. Köklerin ve Yaprakların Bağlı Büyüme Oranları (RGR)

Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin bağlı büyüme oranlarındaki (RGR) değişimler Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

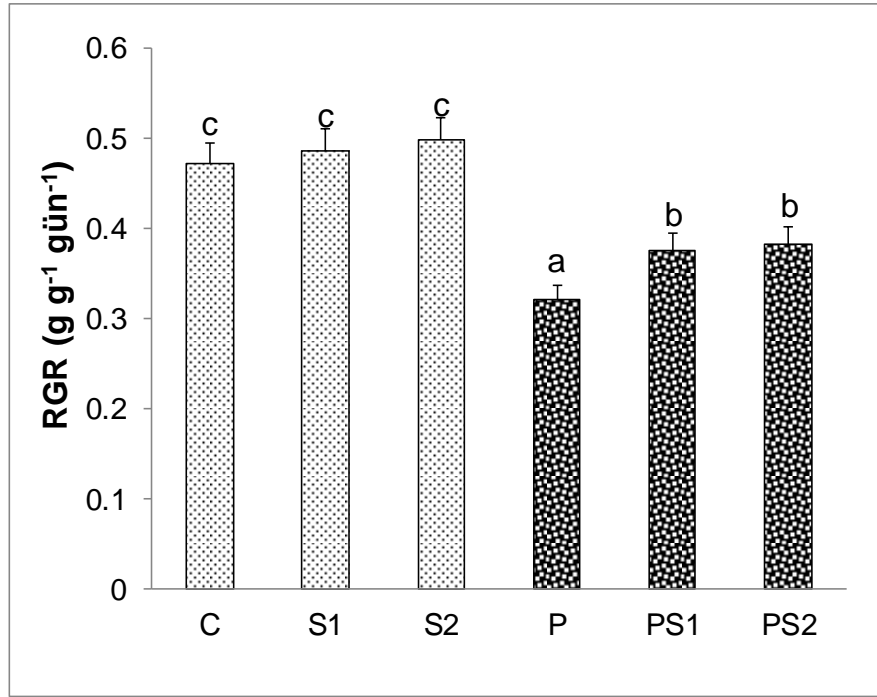


Şekil 4.3. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin bağlı büyüme oranlarında (RGR) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı olan değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi köklerin bağlı büyüme oranları (RGR) sırasıyla 0.087, 0.072, 0.083, 0.07, 0.082 ve 0.09 $\text{g g}^{-1} \text{gün}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Yalnız selenyum uygulamaları köklerin RGR'si üzerine önemli oranda azalmaya neden olmuştur. Köklerde kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında selenyum uygulanan

gruplarda RGR'de S1'de %17.24 ve S2'de %4.6 azalmıştır. Kontrole göre kuraklık uygulanan köklerde RGR'nin %19.54 azaldığı gözlenmiştir. PEG stresiyle birlikte selenyum uygulamaları büyüme oranları üzerine olumlu etki yapmıştır. Yalnız kuraklık uygulanan köklerle kuraklık+selenyum uygulanan kökleri karşılaştırıldığında PS1'de %17.14 ve PS2'de %28.57 artış gözlenmiştir.

Kuraklık stresi altındaki Şafak çeşidi mısıra dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların bağıl büyüme oranlarındaki (RGR) değişimleri Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların bağıl büyüme oranlarında (RGR) meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μ M Se), S2 (15 μ M Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μ M Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μ M Se)

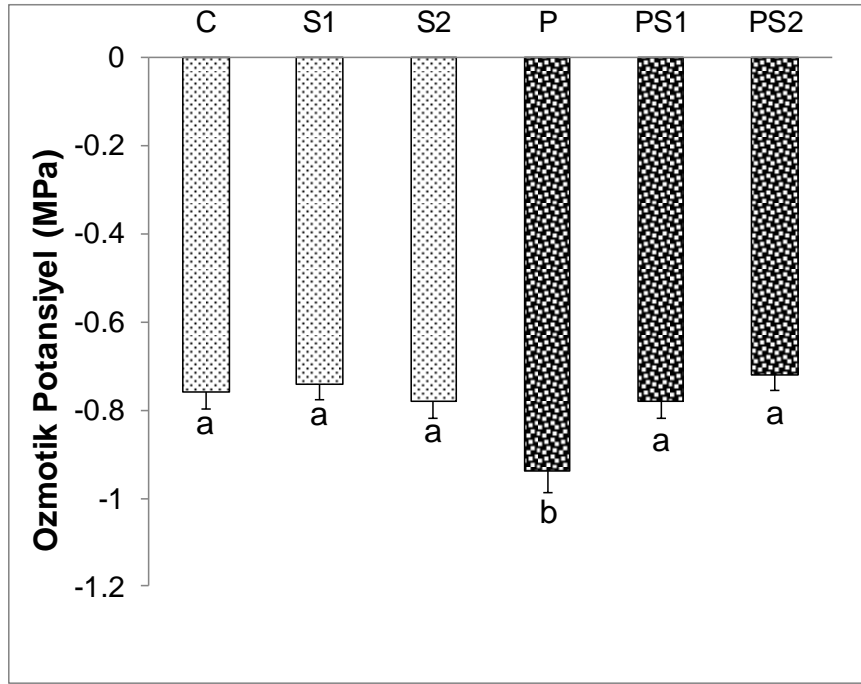
Yaprakların bağıl büyüme oranlarındaki değişimler sırasıyla 0.472, 0.486, 0.498, 0.322, 0.376 ve 0.383 $g\ g^{-1}\ gün^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4). Yapraklara sadece selenyum uygulaması RGR'de istatistiksel olarak bir değişim meydana getirmemiştir. RGR'deki en yüksek azalmaya kontrole göre %31.78 oranı ile yalnız kuraklık stresine maruz bırakılan yapraklarda rastlanmıştır. PEG + Se uygulamaları yaprakların büyüme oranları üzerine olumlu yönde etki etmiştir. Yalnız kuraklık stresine maruz bırakılan yapraklarla karşılaştırıldığında PS1 ve PS2'deki artış oranları sırasıyla % 16.77 ve % 18.94'dür.

Kuraklık stresi bitkilerde bağıl büyüme oranını azaltmaktadır. Nayyar ve Gupta

(2006) mısır ve buğday bitkilerinde, Costa França ve ark. (2000) fasulye bitkisinde, Tascı ve Seçkin Dinler (2013) buğday bitkisinde ve Cetinkaya (2015) mısır bitkisinde yaptıkları çalışmalarda kuraklık stresiyle birlikte bağıl büyüme oranlarının azalması çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgularla birebir örtüşmektedir. Benzer şekilde kolza bitkisinde zeolit ve selenyum uygulaması bağıl büyüme oranı için kuraklık stresinin zararlarını azaltmıştır (Valadabadi ve ark., 2013).

4.3. Köklerin ve Yaprakların Ozmotik Potansiyelleri

PEG stresi altındaki mısır köklerine dışarıdan uygulanan selenyumun kök ozmotik potansiyellerindeki değişimler Şekil 4.5’de verilmiştir.

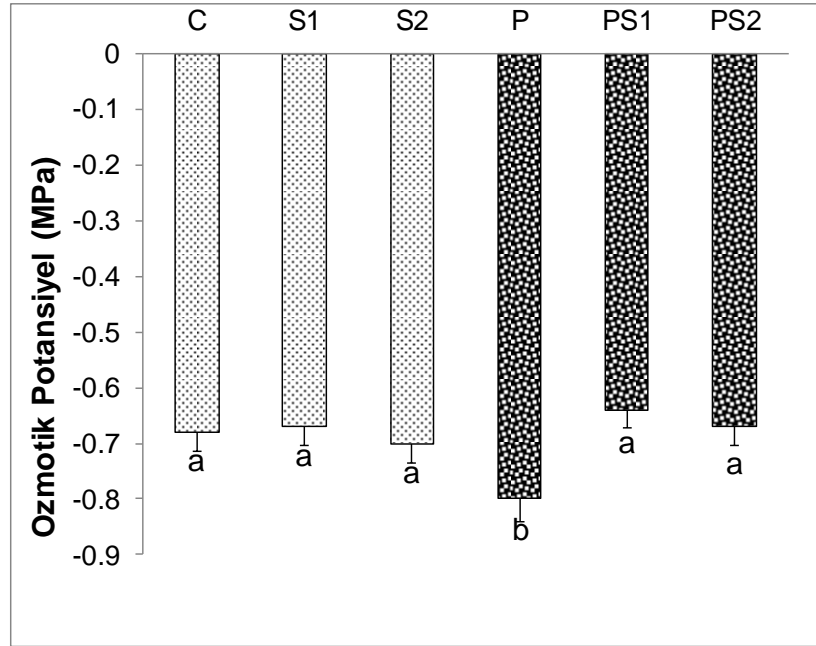


Şekil 4.5. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin ozmotik potansiyellerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 µM Se), S2 (15 µM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 µM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 µM Se)

8 saat süresince uygulanan kuraklık ve Se uygulamaları sonucunda köklerin ozmotik potansiyellerinde meydana gelen değişimler sırasıyla -0.76, -0.74, -0.78, -0.94, -0.78 ve -0.72 MPa'dır (Şekil 4.5). Yalnız selenyum uygulanan fidelerin köklerinde ozmotik potansiyel değişimleri kontrol ile benzerdir. Eksi yönde en fazla ozmotik potansiyel artışı kontrol göre %23.68 oranı ile yalnız kuraklık stresine maruz bırakılan

köklerde tespit edilmiştir. Kuraklık stresi altındaki köklere selenyum uygulamaları ozmotik potansiyeli, kontrol seviyesine getirerek pozitif etki yapmıştır (Şekil 4.5). Yalnız kuraklık uygulanan gruplar ile kuraklık+selenyum uygulanan gruplar karşılaştırıldığında PS1’de %17.02 ve PS2’de %23.4 artış gözlenmiştir.

Kuraklık stresi altındaki mısır (*Zea mays* L. cv. *safak*) fidelerine ekzojen olarak uygulanan selenyumun yaprakların ozmotik potansiyellerindeki değişimler Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. *safak*) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların ozmotik potansiyellerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan farklı olmayan değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μ M Se), S2 (15 μ M Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μ M Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μ M Se)

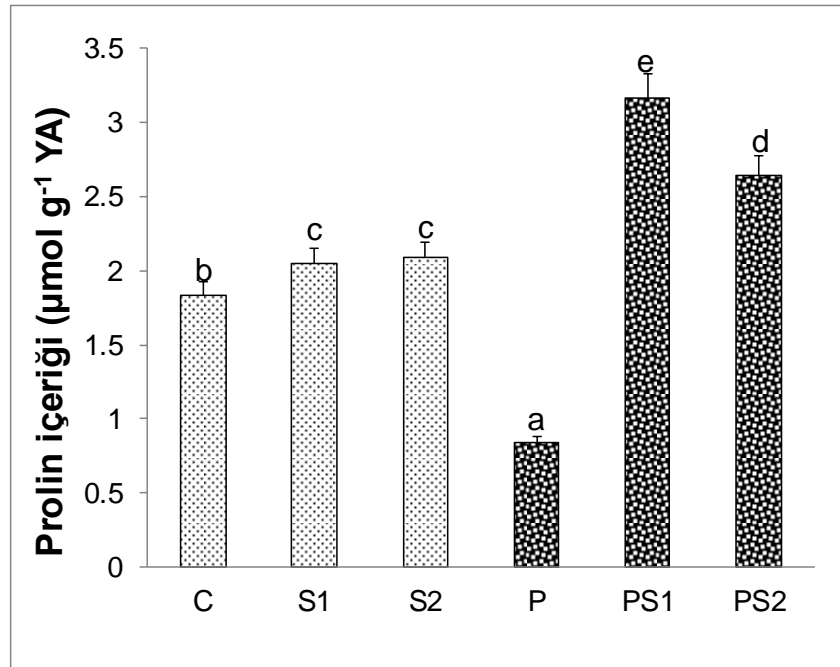
Kuraklık stresiyle birlikte yaprakların ozmotik potansiyelleri eksi yönde artış göstermiştir. En yüksek ozmotik potansiyel artışına 8 saat süresince sadece %25 PEG uygulanan yapraklarda rastlanmıştır. Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında selenyum uygulanan yaprakların ozmotik potansiyellerinde değişim gözlenmezken, yalnız kuraklık uygulanan yapraklarda %17.68 oranında eksi yönde artışın olduğu belirlenmiştir. Yapraklara kuraklıkla birlikte Se uygulamaları olumlu etki yaparak ozmotik potansiyelleri kontrol seviyelerine getirmiştir. Yalnız kuraklık uygulanan yapraklarla karşılaştırıldığında, kuraklık+selenyum uygulanan gruplarda PS1’de % 20 ve PS2’de % 16.25 iyileşme gözlenmiştir.

Bardhan ve ark. (2007), yaptıkları çalışmalar ile kuraklıktan zarar görmeyi

azaltmak amacıyla tavsiye edilen adaptasyon mekanizmasından birisinin, osmotik potansiyelin düşürülmesi olduğunu; çevresel koşulların uygun olmadığı durumlarda, osmotik koruyucuların püskürtülmesi ile sitoplazmanın osmotik basıncı artırılarak, osmotik dengenin iyileştirildiği ve kuraklık stresine dayanımın geliştirildiğini bildirmişlerdir. Zgallaı ve ark. (2005) domates, Verslues ve Bray (2006) *Arabidopsis* bitkilerinde PEG ile uyarılan kuraklık stresinin osmotik potansiyeli azalttığını rapor etmişlerdir. Osmotik potansiyelde Se ile olan azalma, artan kök aktivitesi ve su açığının olduğu koşullar altında azalan transpirasyon oranı dolayısıyla onun su alımının artmasındaki pozitif rolüne atfedilebilir (Kuznetsov ve ark., 2003). Bu sonuca bağlı olarak, selenyumun ozmolitlerin net birikimini veya osmotik potansiyelde azalmaya yol açan kuraklık süresince solütlerin temel pasif konsantrasyonunu etkilediği sonucu çıkarılabilir (Nawaz ve ark., 2012). Hajiboland ve ark. (2014)'nın kuraklık stresi altında yaprak ve kök osmotik potansiyellerinde düşük olması ve Se uygulaması osmotik potansiyel üzerine pozitif etki göstermesi çalışmamızı desteklemektedir.

4.4. Köklerin ve Yaprakların Prolin İçerikleri

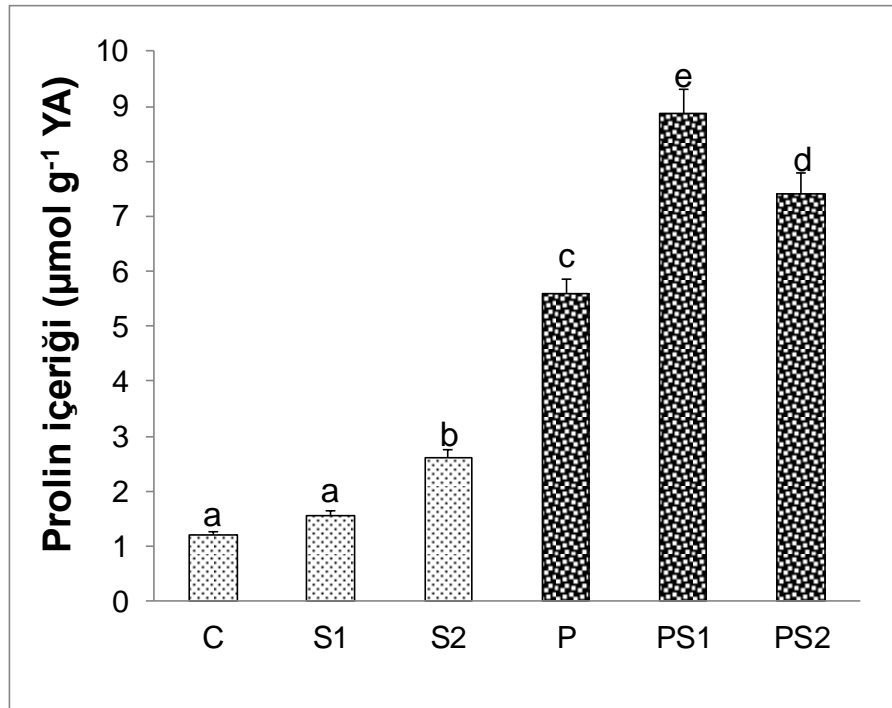
Stres ve selenyum uygulanan köklerin prolin içeriklerinde meydana gelen ortalama değişimler Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin prolin içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 µM Se), S2 (15 µM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 µM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 µM Se)

Tüm deneme sonucunda (kuraklık ve selenyum uygulamaları) köklerin prolin içerikleri sırasıyla 1.83, 2.05, 2.09, 0,84, 3.17 ve 2.64 $\mu\text{mol g}^{-1}$ YA olarak tespit edilmiştir. Fidelere yalnız selenyum uygulandığı zaman köklerin prolin içerikleri üzerine olumlu etkilerin olduğu gözlenmiştir. Selenyum uygulanan gruplar kontrolle karşılaştırıldığında köklerin prolin içeriği S1’de %12.02 ve S2’de %14.21 artmıştır. Deneme süresince prolin içeriğindeki tek azalma, yalnız kuraklık uygulanan köklerde gözlenmiş olup azalma oranı kontrole göre %54.1’dir. Kuraklıkla birlikte selenyum uygulamaları köklerin prolin içerikleri üzerine pozitif etki göstermiştir. En yüksek prolin artışı kuraklıkla birlikte düşük konsantrasyonda selenyum uygulanan köklerde rastlanmıştır. Kuraklık+selenyum uygulanan kökler ile yalnız kuraklık uygulanan kökler karşılaştırıldığında PS1’de %277.38 ve PS2’de %214.29 artışların olduğu belirlenmiştir.

Kuraklığa maruz bırakılan mısır fidelerinde (*Zea mays* L. cv. *safak*) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların prolin içeriklerinde meydana gelen ortalama değişimler Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



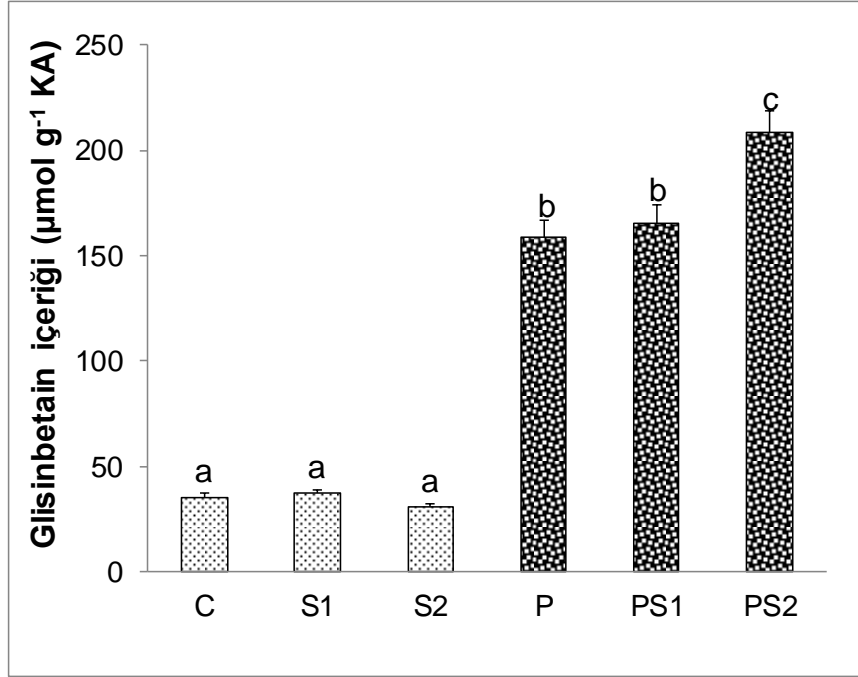
Şekil 4.8. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. *safak*) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların prolin içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)

Yaprakların prolin içerikleri hem kuraklık hemde selenyum uygulamalarıyla birlikte artmıştır. Yapraklardaki prolin miktarları sırasıyla 1.2, 1.55, 2.61, 5.58, 8.86 ve 7.41 $\mu\text{mol g}^{-1}$ YA olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Fidelere yalnız selenyum uygulamalarında kontrole göre istatistiki açıdan önemli kabul edilen artış, sadece yüksek konsantrasyon olan 15 μM selenyum uygulamasında belirlenmiştir. Yalnız kuraklık uygulanan yapraklarda prolin miktarı kontrolün 4.65 katı olarak tespit edilmiştir. Kuraklıkla birlikte selenyum uygulamaları yaprakların prolin içerikleri üzerine dikkat çekici oranda artırıcı etki göstermiştir. Tüm deneme süresince en yüksek prolin içeriğine kuraklıkla birlikte düşük konsantrasyonda selenyum uygulanan yapraklarda rastlanmıştır. Kuraklık+selenyum uygulamaları yalnız kuraklık uygulanan yapraklarla karşılaştırıldığında PS1’de %58.78 ve PS2’de %32.8 artış tespit edilmiştir.

Prolin iyi bir ozmotik düzenleyicidir ve stres altındaki bitkilerde prolin birikiminin koruyucu bir işleve sahip olduğu belirtilmiştir (Mostajeran ve Eichi, 2009). Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, prolinin aynı zamanda sinyal iletiminde de görevli olabileceğini ve mitokondri fonksiyonlarının düzenlenmesi, hücre bölünmesi veya ölümü ve hatta gen ifadesi seviyelerinin düzenlenmesinde de rol oynayan önemli bir serbest aminoasit olabileceğini ortaya koymaktadır (Anjum ve ark., 2011; Liang ve ark., 2013; Kavi Kishor ve Sreenivasulu, 2014). Kuznetsov ve ark. (2003) buğdayda, Shvaleva ve ark. (2006) ökaliptus bitkisinde, Moussa ve Abdel-Aziz (2008) mısırdada, Johari-Pireivatlou ve Maralian (2011) buğdayda, Deng ve ark. (2012) *Chrysanthemum morifolium* ve *Ajaniaa przewalskii* ve Zou ve ark. (2012) çeltikte kuraklık stresinin etkisiyle prolin içeriklerinin arttığını tespit ettikleri çalışmalar yaprak prolin içerikleri ile ilgili bulgularımızı desteklemektedir. Bununla birlikte Gunes ve ark. (2008) nohut bitkisinde erken kuraklık stresinde ve Chandrasekar ve ark. (2000), buğday bitkisinde kuraklık stresinin prolin içeriklerini azalttığını belirttikleri bulgular tezimizde köklerdeki prolin içeriği ile ilgili verilerimizle örtüşmektedir. Song ve ark. (2006), Yao ve ark. (2012) ve Chu ve ark. (2013) selenyum uygulanan buğday bitkilerinde, Djanaguiraman ve ark. (2005) soya bitkisinde, Akbulut ve Çakır (2010) arpa bitkisinde selenyum uygulamasıyla prolin miktarının arttığını belirledikleri çalışmalar bulgularımızla büyük oranda benzerlik göstermektedir. Ibrahim (2014), Nawaz ve ark. (2015a) selenyum ve kuraklık uygulanan buğday bitkilerinde çalışmamıza benzer şekilde kuraklık+selenyum uygulanan gruplarda yalnız kuraklık uygulanan gruplara göre daha fazla prolin birikimi gözlemişlerdir.

4.5. Köklerin ve Yaprakların Glisin Betain İçerikleri

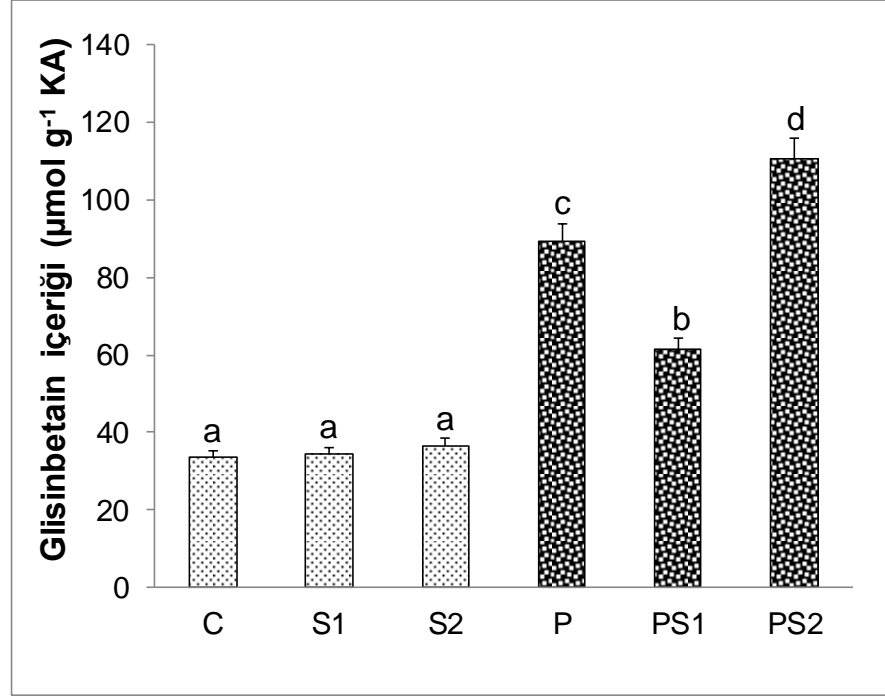
Kuraklık stresi altındaki Şafak çeşidine ait fidelere dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin glisin betain içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.9'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin glisin betain içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 µM Se), S2 (15 µM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 µM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 µM Se)

Kuraklık stresiyle meydana gelen köklerin glisin betain içerikleri sırasıyla 35.21, 37.09, 30.6, 159.01, 165.62 ve 208.64 µmol g⁻¹ KA olarak bulunmuştur. Yalnız selenyum uygulanan köklerin glisin betain içerikleri kontrole göre değişmezken, kuraklıkla birlikte önemli oranda artış tespit edilmiştir. Kontrol fidelerine göre PEG'e maruz bırakılan köklerde glisin betain içeriği %351.6 artmıştır. Osmotik stresle birlikte selenyum uygulamaları yalnız stres uygulanan köklerle karşılaştırıldığında, glisin betain içeriklerini ya değiştirmemiş (PS1) yada önemli oranda artırmıştır (PS2, %31.21). Tüm deneme süresince en yüksek glisin betain içeriğine %25 PEG+15 µM Se (PS2) uygulanan köklerde rastlanmıştır.

PEG stresi altındaki mısır fidelerine ekzojen olarak uygulanan selenyumun yaprakların glisin betain içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların glisin betain içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)

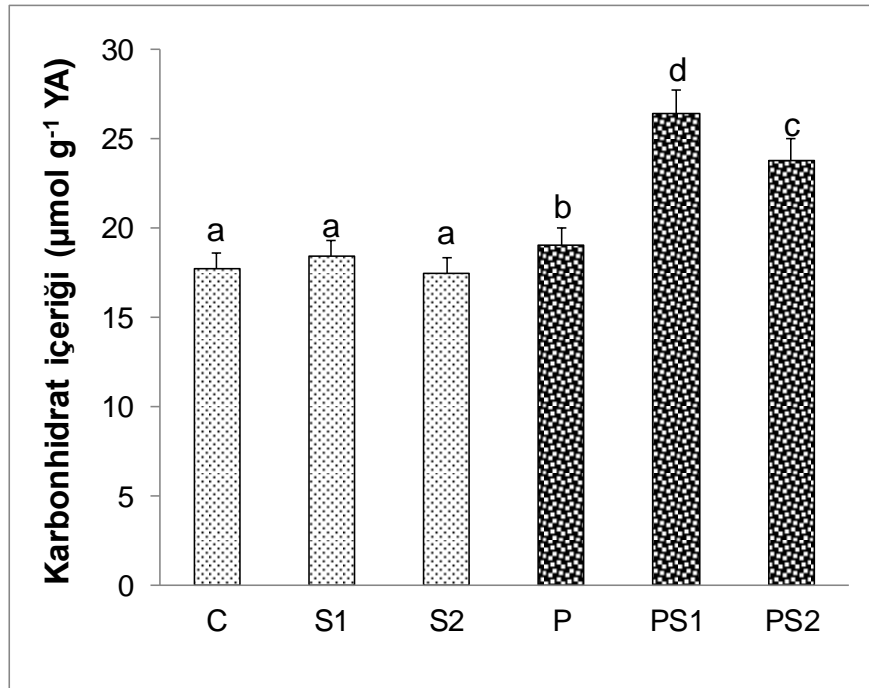
Stresle birlikte yaprakların glisin betain içeriklerinde farklı değişimler gözlenmiştir. Fidelere yalnız Se uygulamaları glisin betain içeriklerini değiştirmemiş, kuraklıkla birlikte önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Yalnız PEG uygulaması glisin betain içeriğini kontrole göre önemli oranda artırmıştır (89.55 $\mu\text{mol g}^{-1}$ KA). Yalnız stres uygulanan yapraklar ile kuraklık+selenyum uygulanan yapraklar karşılaştırıldığında PS1’de %31.58 azalma tespit edilmiş, PS2’de ise %23.48 artış gözlenmiştir.

Glisin betain, çeşitli bitkiler ve birçok organizmada doğal olarak oluşan osmotik koruyucu ve düzenleyicilerden birisidir. Glisin betain, bitki hücre ve dokuları içinde osmotik dengeyi ayarlayarak bir osmotik koruyucu gibi davranır (Korteniemi, 2007). Glisin betain kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar, ağır metaller ve UV radyasyon gibi çevresel streslere yanıt olarak çeşitli bitki türlerinde birikmektedir. Birçok çalışma glisin betain ve prolin birikiminin bitkilerin strese toleransında önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Tüm bitki türlerinin, strese yanıt olarak bu bileşikleri doğal olarak biriktirme yeteneğinde olduğu araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Ashraf ve Foolad, 2007). Khattab ve ark. (2014) kuraklık stresine maruz bırakılan çeltik bitkisinde ekzojen selenyum uygulamaları gerçekleştirmiş ve kuraklık+Se uygulanan fideler yalnız

kuraklık uygulananlar ile karşılaştırıldığında daha fazla glisin betain akümüasyonun olması çalışmamızı desteklemesine rağmen sadece selenyum uygulananların kontrole göre azalması sonuçlarımızla ters düşmektedir. Bu parametrede gözlenen farklı cevaplar, bitki materyallerinin farklı olmasına dayandırılabilir.

4.6. Köklerin ve Yaprakların Karbonhidrat İçerikleri

8 saat süresince kuraklık stresine maruz bırakılan mısır fidelerine dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin karbonhidrat içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.11’da verilmiştir.

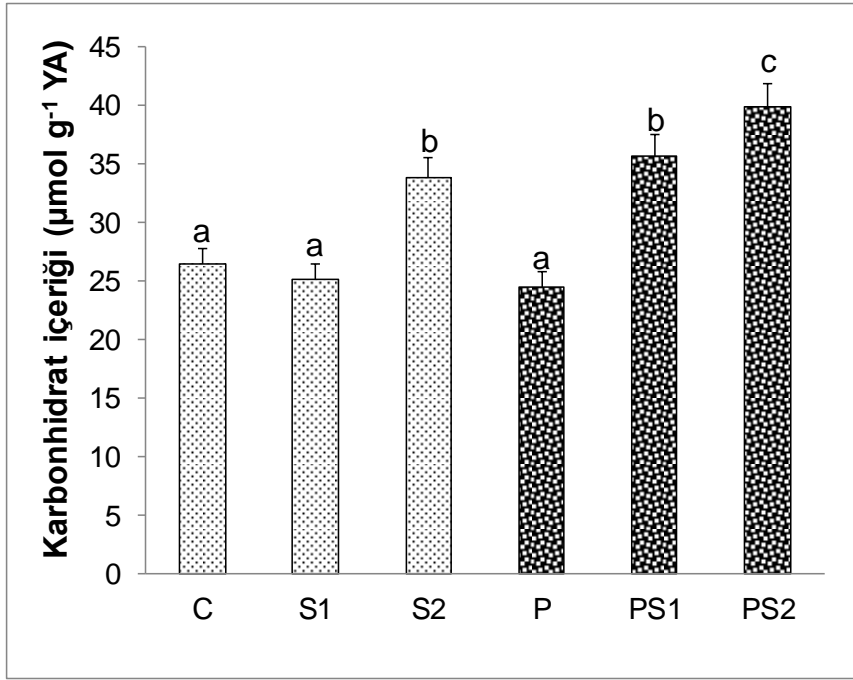


Şekil 4.7. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin karbonhidrat içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 µM Se), S2 (15 µM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 µM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 µM Se)

Köklerin karbonhidrat içerikleri yalnız selenyum uygulanan köklerde değişmemiş, stresle birlikte önemli artış göstermiştir. Köklerin karbonhidrat içerikleri sırasıyla 17.7, 18.4, 17.5, 19.1, 26.4 ve 23.8 µmol g⁻¹ YA olarak tespit edilmiştir. Kontrolle kıyaslandığında yalnız kuraklık uygulanan köklerde karbonhidrat içeriği %7.91 artmıştır. Kuraklık+selenyum uygulanan kökler yalnız stres uygulanan köklerle karşılaştırıldığında PS1’de %38.22 ve PS2’de %24.61 artış gözlenmiştir.

Kuraklık stresine maruz bırakılan mısır fidelerinde dışarıdan uygulanan

selenyumun yaprakların karbonhidrat içeriklerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların karbonhidrat içeriklerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 µM Se), S2 (15 µM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 µM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 µM Se)

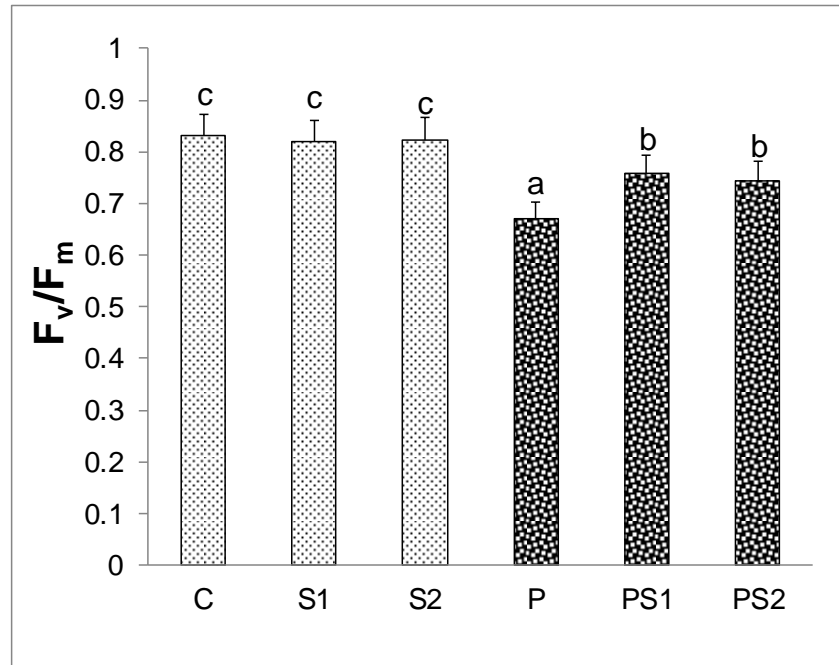
Yaprakların karbonhidrat miktarları sırasıyla 26.52, 25.16, 33.84, 24.53, 35.74 ve 39.91 µmol g⁻¹ YA olarak tespit edilmiştir. Yalnız düşük konsantrasyonda (5 µM) selenyum uygulamaları yaprakların karbonhidrat içeriğini kontrole göre değiştirmezken, yüksek konsantrasyon (15 µM) uygulamaları %27.6 oranında artırmıştır. Yalnız kuraklık uygulamaları yaprakların karbonhidrat içeriklerini değiştirmemiştir. Stresle birlikte selenyum uygulamaları yaprakların karbonhidrat içeriğini olumlu yönde etkilemiştir. Kuraklık+selenyum uygulanan gruplar yalnız stres uygulanan gruplar ile karşılaştırıldığında PS1’de %45.7 ve PS2’de %62.7 artış olduğu belirlenmiştir.

Kuraklık stresi bitkilerde fotosentetik verimde azalmaya ve buna bağlı olarak karbonhidrat metabolizmasının bozulmasına yol açmaktadır (Pelleschi ve ark., 1997; Kim ve ark., 2000). Kerepesi ve Galiba (2000), fotosentez ve solunum gibi olayların bitkiler için karbonhidrat düzeyinde değişiklikler meydana getirdiği için önemli olduğunu bildirmişlerdir. Sánchez ve ark. (2004), farklı bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinde yaptıkları kuraklık stresi uygulaması sonucu, karbonhidrat miktarının genotipe bağlı olarak değiştiğini, epikotillerde toplam çözünür karbonhidrat miktarında

artış olduğunu kaydetmişlerdir. Kuraklık stresine maruz kalan mısır bitkisi (Barlow ve ark., 1976) ve pamuk bitkisinde (Can, 2013) karbonhidrat miktarlarında artış görülmüştür. Çalışmamızda köklerde benzer sonuçlar elde etmemize rağmen yapraklarda değişim görülmemiştir. Emam ve ark. (2014), kuraklık+Se uygulanmış çeltik bitkilerinin yalnız kuraklık uygulanan bitkilerden daha yüksek karbonhidrat içeriğine sahip olduğunu rapor ettikleri çalışma tezimizi desteklemektedir.

4.7. Yapraklardaki Klorofil Floresans Ölçümleri

Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan uygulanan selenyumun yapraklardaki klorofil floresans ölçümlerinin değişimleri Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yapraklardaki klorofil floresans ölçümlerinde meydana gelen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μ M Se), S2 (15 μ M Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μ M Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μ M Se)

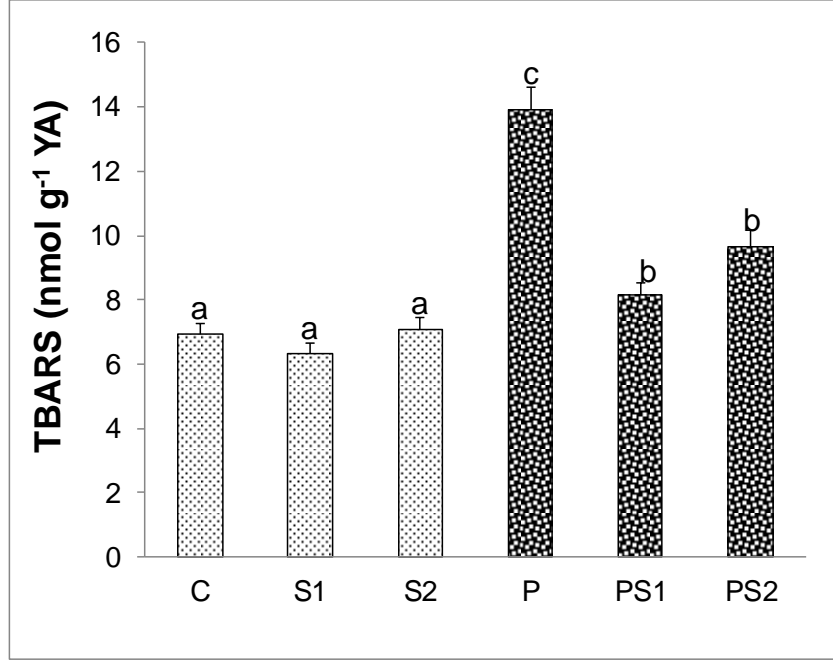
F_v/F_m , fotosistem II (PSII)’nin stres altında meydana gelen hasarı belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir. F_v/F_m değerine bakılarak stres şartları altında fotosentetik aygıtların hasar görüp görmediği ve mevcut durumları hakkında net yorum yapılabilir. Hansatech FMS2 modeli klorofil verimlilik cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda yaprakların F_v/F_m oranları sırasıyla 0.832, 0.82, 0.824, 0.669, 0.757 ve 0.745 olarak bulunmuştur. Fidelere yalnız selenyum uygulamaları yaprakların klorofil floresanslarını değiştirmeyerek kontrol seviyesine benzer değerler tespit edilmiştir.

Kuraklık stresine maruz bırakılan yapraklarda F_v/F_m oranı %19.59 azalmıştır. PEG stresine ilaveten her iki konsantrasyondaki selenyum uygulamaları F_v/F_m 'yi olumlu yönde etkilemiştir. Kuraklık+selenyum uygulamaları yalnız kuraklık uygulanan fidelerden elde edilen bulgularla karşılaştırıldığında PS1'de %13.15 ve PS2'de %11.36 artış tespit edilmiştir. Her iki konsantrasyondaki Se uygulamaları fotosentetik aygıtların korunmasına önemli oranda katkı sağlamasına rağmen F_v/F_m değerlerini kontrol bitkilerinin seviyelerine ulaştırılmasını sağlayamamıştır.

PSII' nin fotosentetik verimi kuraklık, tuzluluk gibi çevresel faktörler ile düşmektedir (Flanagan ve Jefferies, 1988). Sağlıklı bitkilerin F_v/F_m oranı 0.79 ile 0.84 arasında değişim göstermektedir (Maxwell ve Johnson, 2000). Germ (2008) patates bitkisinde, Germ ve ark. (2007) hindiba bitkisinde, Breznik ve ark. (2005) karabuğday bitkisinde ve Germ ve ark. (2005) kabak bitkilerinde yaptıkları ekzojen selenyum uygulamaları çalışmamıza benzer şekilde klorofil floresans değerlerini değiştirmemiş; ancak Valkama ve ark. (2003) çilek bitkisinde yaptıkları çalışmada klorofil floresans değerleri artmıştır. Kuraklık+Se'nin uygulandığı buğday bitkilerinin kuraklık uygulanan bitkilerden daha yüksek bir klorofil floresans değerlerine sahip olduğunu gözlemleyen Hajiboland ve ark. (2014)'nin çalışması çalışmamızı desteklemektedir. F_v/F_m değerlerin 0.8'lerde olması fotosentetik aygıtların iyi bir şekilde korunduğunu ve görevlerini aktif olarak yerine getirdiklerini göstermektedir.

4.8. Köklerin ve Yaprakların Lipid Peroksidasyon Seviyeleri

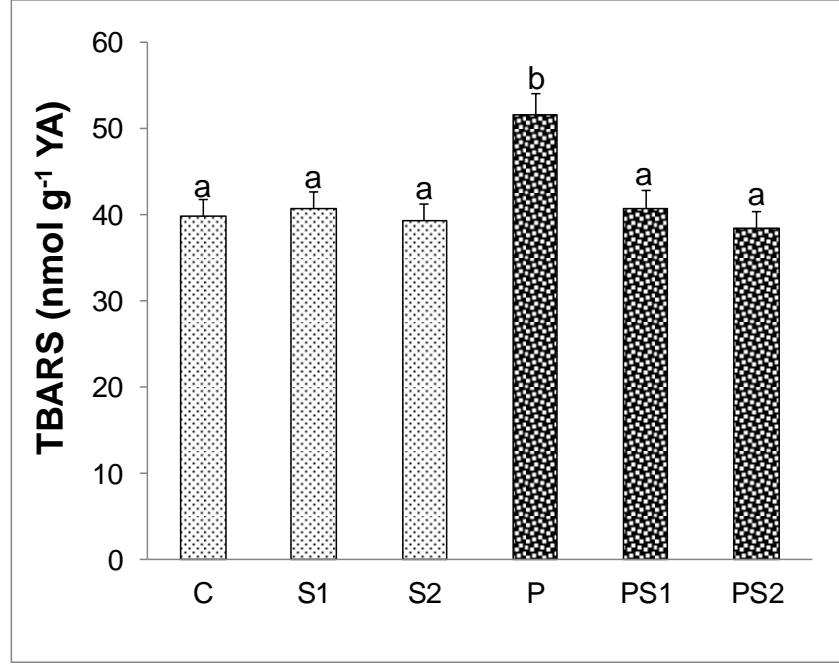
Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. *safak*) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin lipid peroksidasyon seviyelerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.14'de verilmiştir. MDA miktarı, tiobarbitürik asit reaktif bileşiklerin (TBARS) analizi ile belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun köklerin lipid peroksidasyon seviyelerinde gözlenen değişimler. Sütunlar üzerindeki farklı harfler istatistiksel bakımdan farklı değerleri göstermektedir ($P < 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μ M Se), S2 (15 μ M Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μ M Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μ M Se)

Köklerin MDA içerikleri sırasıyla 6.92, 6.32, 7.09, 13.93, 8.14 ve 9.67 nmol g⁻¹ YA olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.14). Yalnız selenyum uygulanan köklerin lipid peroksidasyon seviyeleri kontrol grubu köklerin MDA içerikleriyle benzer seviyede olup istatistiksel olarak bir değişim gözlenmemiştir. Kuraklık stresi uygulamaları köklerin lipid peroksidasyon oranlarını önemli oranda artırmıştır. En yüksek lipid peroksidasyon seviyesine yalnız kuraklık uygulaması yapılan köklerde rastlanmış ve kontrol ile karşılaştırıldığında %50.32 MDA artışının olduğu tespit edilmiştir. Stresle birlikte selenyum uygulamaları köklerin MDA içeriklerini önemli oranda azaltmıştır. Kuraklık+selenyum uygulanan kökler yalnız kuraklık uygulanan kökler ile karşılaştırıldığında PS1’de %41.56 ve PS2’de %30.58 azalma olduğu belirlenmiştir.

PEG stresi altındaki mısır fidelerine ekzojen olarak uygulanan selenyumun yaprakların lipid peroksidasyon seviyelerinde meydana gelen değişimler Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine (*Zea mays* L. cv. safak) dışarıdan uygulanan selenyumun yaprakların lipid peroksidasyon seviyelerinde gözlenen değişimler. Sütunlar üzerindeki aynı harfler istatistiksel bakımdan aynı değerleri göstermektedir ($P > 0.05$). C (Kontrol), S1 (5 μM Se), S2 (15 μM Se), P (%25 PEG), PS1 (%25 PEG+5 μM Se) ve PS2 (%25 PEG+15 μM Se)

Kuraklığa maruz bırakılan yaprakların MDA içerikleri sırasıyla 39.87, 40.67, 39.39, 51.61, 40.77 ve 38.45 nmol g^{-1} YA olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15). Yalnız selenyum uygulanan yaprakların lipid peroksidasyon seviyeleri kontrol ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak değişim gözlenmezken, yalnız kuraklık uygulanan yapraklarda %29.45 artışın olduğu tespit edilmiştir. PEG stresiyle birlikte selenyum uygulamaları yaprakların lipid peroksidasyon seviyeleri üzerine önemli oranda pozitif etki göstermiştir. Kuraklık+selenyum uygulanan yapraklar yalnız kuraklık uygulanan yapraklarla karşılaştırıldığında PS1’de %21 ve PS2’de %25.5 azalmanın olduğu gözlenmiştir.

Zarlardaki lipid peroksidasyon düzeyi kuraklık stresinin neden olduğu oksidatif hasarın derecesini göstermektedir (Jiang ve Zhang, 2002). Lipid peroksidasyonu çeşitli çevresel streslerin meydana getirdiği hasarlara eşlik etmektedir (Hernández ve ark., 2003; Jaleel ve ark., 2008). Doku lipidlerinin oksidatif hasarı toplam TBARS içeriği ile hesaplanmaktadır (Jaleel ve ark., 2008). Pervane çiçeği (*Catharanthus roseus*) bitkisinde kuraklık stresi uygulaması sonrasında TBARS içeriğinin artış eğiliminde olduğu gösterilmiştir (Jaleel ve ark., 2008). Correia ve ark. (2006) ayçiçeği bitkisinde, Xiong ve ark. (2006) mürdümük bitkisinde, Tatar ve Gevrek (2008) buğday bitkisinde,

Duman ve Sıvacı (2015) pepino bitkisinde kuraklık stresinin etkisiyle MDA içeriklerinin arttığını bildiren raporlar bulgularımızı desteklemektedir. Hartikainen ve ark. (2000) *Lolium perenne* bitkisinde ve Ríos ve ark. (2008) marul bitkisinde yaptıkları çalışmalarda düşük konsantrasyonlarda selenyum uygulamalarının MDA içeriğini düşürürken, yüksek konsantrasyonlarda selenyum, lipid peroksidasyonunu tetiklemektedir. Proietti ve ark. (2013) kuraklık+Se uygulanan zeytin bitkilerinde yalnız kuraklık uygulanan bitkilerden daha düşük MDA içeriği tespit etmeleri sonuçlarımızı desteklemektedir. Hasanuzzaman ve Fujita (2011) kanola bitkisine selenyum, kuraklık ve kuraklık+selenyum uygulamaları sonucunda elde ettikleri bulgular sonuçlarımızla birebir örtüşmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, kuraklık stresi altındaki mısır fidelerine dışarıdan selenyum uygulamalarının büyüme parametreleri, su durumu, glisin betain içeriği, karbonhidrat içeriği, prolin ve lipid peroksidasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmamızda dışarıdan uygulanan farklı konsantrasyonlarda (5 μ M Se ve 15 μ M Se) selenyum mısır bitkisinde herhangi bir hasara neden olmayıp, kuraklık (%25 PEG) stresinin oluşturduğu oksidatif hasarı iyileştirmiştir.

Mısır fidelerine yalnız selenyum uygulamaları köklerde RWC, ozmotik potansiyel, glisin betain içeriği, karbonhidrat içeriği ve lipid peroksidasyonu seviyelerini değiştirmezken, RGR'yi azalttı, prolin içeriğini ise artırmıştır. Yalnız kuraklık uygulamaları köklerde RWC, RGR, ozmotik potansiyel ve prolin içeriklerini azaltmış, glisin betain, karbonhidrat içeriği ve lipid peroksidasyon seviyelerinde önemli artışlar meydana getirmiştir. Kuraklık stresiyle birlikte selenyum uygulamaları köklerde analiz edilen tüm parametreler üzerine pozitif etki göstererek PEG kaynaklı kuraklık stresinin oluşturduğu zarar azaltmıştır. Sadece selenyum uygulamaları yaprakların RWC, RGR, ozmotik potansiyel, klorofil floresans, glisin betain içeriği ve lipid peroksidasyon üzerine herhangi bir etkiye sahip değilken, karbonhidrat ve prolin içerikleri artmıştır. Kuraklık uygulanan yapraklarda RWC, RGR, ozmotik potansiyel ve klorofil floresansı azalmış, karbonhidrat içeriği değişmemiş, glisin betain, prolin ve lipid peroksidasyonunda ise artış tespit edilmiştir. PEG indüklü ozmotik stres altındaki fidelere ilave olarak selenyum uygulamaları yapraklarda stres kaynaklı meydana gelen zararların ortadan kaldırılmasında önemli bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir.

Selenyum bitki büyümesi ve stres koşullarında bitkinin toleransını arttırmada yararlı etki göstermektedir. Kuraklığın tarımsal üretimde bitki gelişimi ve verimde ciddi kayıplara neden olduğu düşünülecek olursa, selenyum uygulamalarının kuraklık stresi koşullarında, bitki savunma mekanizmalarını tetiklemesi ve bitkilerin strese adaptasyonuna yardımcı olması açısından kullanılabileceğini tezimizden elde ettiğimiz veriler neticesinde önerilebilir. Tezimizden elde ettiğimiz bulguların kuraklık stresi ile yapılacak genetik mühendisliği, bitki biyolojisi ve biyoteknolojisi alanlarında yapılacak bilimsel çalışmalara yol gösterici olarak iyi bir kaynak olacağı görüşündeyiz. Selenyumun kuraklık stresi koşullarında bitki gelişimi üzerine etkisinin daha net anlaşılabilmesi için selenyum uygulamalarının etkisini araştıran yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, S. M., 2013, Low Levels of Selenium Application Attenuate Low Temperature Stress in Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] Seedlings, *Pakistan Journal of Botany*, 45 (5), 1597-1604.
- Açıkgöz, E., 1995, Yem bitkileri (II.Baskı), *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Basımevi, Bursa*, No:7-025-0210, 456.
- Akbulut, M. ve Çakır, S., 2010, The effects of Se phytotoxicity on the antioxidant systems of leaf tissues in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings, *Plant Physiol Biochem*, 48 (2-3), 160-166.
- Albalasmeh, A. A., Berhe, A. A. ve Ghezzehei, T. A., 2013, A new method for rapid determination of carbohydrate and total carbon concentrations using UV spectrophotometry, *Carbohydr Polym*, 97 (2), 253-261.
- An, Y. Y. ve Liang, Z. S., 2012, Staged strategy of plants in response to drought stress, *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 23 (10), 2907-2915.
- Anjum, S. A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M. F., Man, C. ve Lei, W., 2011, Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress, *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6(9), 2026-2032.
- Anonim, 2002, FAOSTAT, Database, *FAO Internet Web Site (www.fao.org)*.
- Anonim, 2012, Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, *Mısır, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü, T.T.S.M. Ankara*.
- Anonymous, 2012, Faostat, <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Ashraf, M. ve Wu, L., 1994, Breeding for Salinity Tolerance in Plants, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13 (1), 17-42.
- Ashraf, M. ve Foolad, M. R., 2007, Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance, *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2), 206-216.
- Avcu, S., Akhoundnejad, Y. ve Daşgan, H. Y., 2013, Domateste tuz stresi üzerine selenyum ve silikon uygulamalarının etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 6(1), 183-188.
- Ayaz, F. A., Kadioglu, A. ve Dogru, A., 2001, Leaf rolling effects on lipid and fatty acid composition in *Ctenanthe setosa* (Marantaceae) subjected to water-deficit stress, *Acta Physiologiae Plantarum*, 23 (1), 43-47.
- Ayçetin, M., 2011, Türkiye’de Yaygın Yetiştirilen Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinde Selenyum (Se) Uygulamalarının Selenyum Birikimi ve Bazı Esansiyel Elementlerin Alımını üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kayseri*, 76s.
- Aydınoşakir, K., Erdal, Ş. ve Pamukçu, M., 2013, The effects of different salt concentrations on germination and seedling parameters of silage corn (*Zea mays* L.) varieties, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28 (2), 94-100.
- Bänzinger, M., Edmeades, G. O., Beck, D. ve Bellon, M., 2000, Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize, From Theory to Practice, *Mexico, D.F.: CIMMYT*.
- Bardhan, K., Kumar, V. ve Dhimmar, S. K., 2007, An evaluation of the potentiality of exogenous osmoprotectants mitigating water stress on Chickpea, *The Journal of Agricultural Sciences*, 3 (2), 67-74.
- Barlow, E. W. R., Boersma, L. ve Young, J. L., 1976, Root Temperature and Soil Water Potential Effects on Growth and Soluble Carbohydrate Concentration of Corn Seedlings, *Crop Science*, 16, 59-62.

- Biddinger, F. R. ve Mahalakshmi, V., 1987, Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). J. Factors affecting yields under stress, *Aust. J. of Agric. Res.*, 38, 37-48.
- Bilgiç, Ş., Sade, B., Soylu, S., Bilgiçli, N., Cerit, İ., Öz, A., Cengiz, R. ve Özkan, İ., 2012, Ulusal Hububat Konseyi Mısır Raporu, uhk.org.tr/dosyalar/misir_dusuk.pdf, 91.
- Bisbjerg, B. ve Gissel-Nielsen, G., 1969, The uptake of applied selenium by agricultural plants, *Plant and Soil*, 31 (2), 287-298.
- Breznik, B., Germ, M., Gaberscik, A. ve Kreft, I., 2005, Combined effects of elevated UV-B radiation and the addition of selenium on common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary [*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.] buckwheat, *Photosynthetica*, 43 (4), 583-589.
- Broyer, T. C., Johnson, C. M. ve Huston, R. P., 1972, Selenium and nutrition of Astragalus, *Plant and Soil*, 36 (1), 635-649.
- Cairns, J. E., Crossa, J., Zaidi, P. H., Grudloyma, P., Sanchez, C., Araus, J. L., Thaitad, S., Makumbi, D., Magorokosho, C., Bänziger, M., Menkir, A., Hearne, S. ve Atlin, G. N., 2013, Identification of Drought, Heat, and Combined Drought and Heat Tolerant Donors in Maize, *Crop Science*, 53, 1335-1346.
- Can, N., 2013, Pamuk Çeşitlerinde (*Gossypium hirsutum* L.) Kuraklık Stresi Etkilerinin Fizyolojik Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Şanlıurfa, 98s.
- Cartes, P., Jara, A. A., Pinilla, L., Rosas, A. ve 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.
- Cary, E. E. ve Allaway, W. H., 1973, Selenium Content of Field Crops Grown on Selenite-Treated Soils, *Agronomy Journal*, 65, 922-925.
- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.-W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A. M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A. ve Stanca, A. M., 2008, Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics, *Field Crops Research*, 105 (1-2), 1-14.
- Cengiz, R., 2006, Mısır Hatları arasındaki 8X8 Yarımların Dallel Melez Döllerinde Verim ve Verim Unsurlarının Kalımları Üzerine Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 131s.
- Cetinkaya, H., 2015, Kuraklığa Duyarlı ve Toleranslı Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Kuraklık Stresi Altında Yapılan Bakır Uygulamalarının Oluşturduğu Oksidatif Hasar ve Savunma Cevaplarının Araştırılması, *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sinop, 80s.
- Cetinsoy, M. F., 2014, Açıkta Hıyar Yetiştiriciliğinde Yapıktan Uygulanan Selenyum ve Silisyumun Etkileri, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 63s.
- Chandrasekar, V., K. Sairam, R. ve Srivastava, G. C., 2000, Physiological and Biochemical Responses of Hexaploid and Tetraploid Wheat to Drought Stress, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185 (4), 219-227.
- Chaves, M. M., Marco, J. P. ve Pereira, J. S., 2003, Understanding plant responses to drought — from genes to the whole plant, *Functional Plant Biology*, 30 (3), 239-264.
- Chu, J., Yao, X., Yue, Z., Li, J. ve Zhao, J., 2013, The effects of selenium on physiological traits, grain selenium content and yield of winter wheat at different development stages, *Biol Trace Elem Res*, 151 (3), 434-440.

- Claassen, M. M. ve Shaw, R. H., 1970, Water Deficit Effects on Corn. I. Grain Components1, *Agronomy Journal*, 62, 652-655.
- Correia, M. J., Osório, M. L., Osório, J., Barrote, I., Martins, M. ve David, M. M., 2006, Influence of transient shade periods on the effects of drought on photosynthesis, carbohydrate accumulation and lipid peroxidation in sunflower leaves, *Environmental and Experimental Botany*, 58 (1-3), 75-84.
- Costa França, M. G., Pham Thi, A. T., Pimentel, C., Pereyra Rossiello, R. O., Zuily-Fodil, Y. ve Laffray, D., 2000, Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress, *Environmental and Experimental Botany*, 43 (3), 227-237.
- Cruz de Carvalho, M. H., Laffray, D. ve Louquet, P., 1998, Comparison of the physiological responses of *Phaseolus vulgaris* and *Vigna unguiculata* cultivars when submitted to drought conditions, *Environmental and Experimental Botany*, 40 (3), 197-207.
- Çakır, S., 2007, Selenyum Toksisitesinin İki Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşidinde (Tarm 92, Bülbül 89) Antioksidan Enzim Aktivitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Kayseri, 64s.
- Demiral, T. ve Turkan, I., 2004, Does exogenous glycinebetaine affect antioxidative system of rice seedlings under NaCl treatment?, *J Plant Physiol*, 161 (10), 1089-1100.
- Deng, Y., Jiang, J., Chen, S., Huang, C., Fang, W. ve Chen, F., 2012, Drought tolerance of intergeneric hybrids between *Chrysanthemum morifolium* and *Ajania przewalskii*, *Scientia Horticulturae*, 148, 17-22.
- Denmead, O. T. ve Shaw, R. H., 1960, The Effects of Soil Moisture Stress at Different Stages of Growth on the Development and Yield of Corn, *Agronomy Journal*, 52, 272-274.
- Dhillon, K. S., 2002, Selenium enrichment of the soil plant system for a seleniferous region of northwest India, *Journal of Hydrology*, 272, 120-130.
- Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., Sheeba, J. A. ve Bangarusamy, U., 2004, Impact of selenium spray on monocarpic senescence of soybean (*Glycine Max* L.), *Food Agriculture & Environment*, Vol.2 (2), 44-47.
- Djanaguiraman, M., Devi, D. D., Shanker, A. K., Sheeba, J. A. ve Bangarusamy, U., 2005, Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence, *Plant and Soil*, 272 (1), 77-86.
- Ducsay, L., Ložek, O., Varga, L. ve Lošak, T., 2007, Effects Of Winter Wheat Supplementation With Selenium, *Ecological Chemistry and Engineering*, 14, 289-293.
- Duman, S. ve Sıvacı, A., 2015, Investigation of drought stress in pepino (*Solanum muricatum* Ait. cv. Miski) leaves, *Pak. J. Bot.*, 47(5), 1621-1627.
- Earle, F. R., Curtis, J. J. ve Hubbard, J. E., 1946, Composition of The Component Parts of The Kernel, *Cereal Chemistry*, 23, 504-511.
- Edmeades, G. O., Bolaños, J., Elings, A., Ribaut, J. M., Bänziger, M. ve Westgate, M. E., 2000, The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize., Madison, Crop Science Society of America: 43-73.
- Emam, M. M., Khattab, H. E., Helal, N. M. ve Deraz, A. E., 2014, Effect of selenium and silicon on yield quality of rice plant grown under drought stress, *Australian Journal of Crop Science*, 8 (4), 596-605.
- Erdal, Ş., 2014, Kendilenmiş Mısır (*Zea mays* L.) Hatlarının Kuraklık Stresine Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi ve Moleküler karakterizasyonu, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 187s.

- Finley, J. W., 2003, Reduction of cancer risk by consumption of selenium-enriched plants: enrichment of broccoli with selenium increases the anticarcinogenic properties of broccoli, *J Med Food*, 6 (1), 19-26.
- Fischer, R. A. ve Wood, J. T., 1979, Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits, *Australian Journal of Agricultural Research*, 30 (6), 1001-1020.
- Flanagan, L. B. ve Jefferies, R. L., 1988, Stomatal limitation of photosynthesis and reduced growth of the halophyte, *Plantago maritima* L., at high salinity, *Plant, Cell & Environment*, 11 (4), 239-245.
- Furr, A. K., Kelly, W. C., Bache, C. A., Gutenmann, W. H. ve Lisk, D. J., 1976, Multielement uptake by vegetables and millet grown in pots on fly ash amended soil, *J Agric Food Chem*, 24 (4), 885-888.
- Furr, A. K., Parkinson, T. F., Gutenmann, W. H., Pakkala, I. S. ve Lisk, D. J., 1978, Elemental content of vegetables, grains, and forages field-grown on fly ash amended soil, *J Agric Food Chem*, 26 (2), 357-359.
- Gaff, D., 1980, Protoplasmic tolerance of extreme water stress, *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress (NC Turner and PJ Kramer, Editors)*, 207-230.
- Germ, M., Kreft, I. ve Osvald, J., 2005, Influence of UV-B exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkins (*Cucurbita pepo* L.), *Plant Physiol Biochem*, 43 (5), 445-448.
- Germ, M., Stibilj, V., Osvald, J. ve Kreft, I., 2007, Effect of selenium foliar application on chicory (*Cichorium intybus* L.), *J Agric Food Chem*, 55 (3), 795-798.
- Germ, M., 2008, The response of two potato cultivars on combined effects of selenium and drought, *Acta agriculturae Slovenica*, 91 (1), 121.
- Gissel-Nielsen, G. ve Bisbjerg, B., 1970, The uptake of applied selenium by agricultural plants, *Plant and Soil*, 32 (1), 382-396.
- Gökbulut, T., 2010, Bazı Buğday Çeşitlerinde Selenyum Birikimi ve Selenyum Toksisitesinin Antioksidan Enzim Aktivitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 112s.
- Grant, R. F., Jackson, B. S., Kiniry, J. R. ve Arkin, G. F., 1989, Water Deficit Timing Effects on Yield Components in Maize, *Agronomy Journal*, 81, 61-65.
- Grieve, C. M. ve Grattan, S. R., 1983, Rapid assay for determination of water soluble quaternary ammonium compounds, *Plant and Soil*, 70 (2), 303-307.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W. ve Zarrouk, M., 2009, Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars, *Scientia Horticulturae*, 119 (3), 257-263.
- Guitjens, J. C., 1982, Models of Alfalfa Yield and Evapotranspiration, *American Society of Civil Engineers*, 108 (3), 212-222.
- Gunes, A., Inal, A., Adak, M. S., Bagci, E. G., Cicek, N. ve Eraslan, F., 2008, Effect of drought stress implemented at pre- or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars, *Russian Journal of Plant Physiology*, 55 (1), 59-67.
- Gupta, U. C. ve Winter, K. A., 1975, Selenium content of soils and crops and the effects of lime and sulfur on plant selenium, *Canadian Journal of Soil Science*, 55 (2), 161-166.
- Gupta, U. C., Winter, K. A. ve McRae, K. B., 1988, Selenium enrichment of crops through foliar applications, *Canadian Journal of Soil Science*, 68 (3), 519-526.

- Gupta, U. C., Winter, K. A. ve Sanderson, J. B., 1993, Selenium content of barley as influenced by selenite and selenate-enriched fertilizers, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24 (11-12), 1165-1170.
- Habibi, G., 2013, Effect of drought stress and selenium spraying on photosynthesis and antioxidant activity of spring barley / Ucinék susnega stresa in skropljenja s selenom na fotosintezo in antioksidativno aktivnost jarega jecmena, *Acta agriculturae Slovenica*, 101 (1), 31.
- Hajiboland, R., Sadeghzadeh, N. ve Sadeghzadeh, B., 2014, Effect of Se application on photosynthesis, osmolytes and water relations in two durum wheat (*Triticum durum* L.) genotypes under drought stress, *Acta agriculturae Slovenica*, 103 (2), 167-179.
- Halilova, H. A., 1973, Azərbaycan Bilimler Akademisi, *Kitab "Elm"*, Bakü.
- Halilova, H. A., 1974, Soderjaniye selenav poçvah irastenyah letnih izimnih past lissevero-vostoçnoy çasti Bolsogo Kavkaza Kandidatskaya dissert, Bakü.
- Harmankaya, M., 2009, Orta Anadolu Bölgesinde Toprakların ve Buğdayın Selenyum Düzeyinin Belirlenmesi ve Selenyum Gübrelemesine Farklı Buğday Genotiplerinin Tepkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Konya*, 129s.
- Hartikainen, H., Xue, T. ve Piironen, V., 2000, Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass, *Plant and Soil*, 225 (1), 193-200.
- Hasanuzzaman, M. ve Fujita, M., 2011, Selenium pretreatment upregulates the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system and confers enhanced tolerance to drought stress in rapeseed seedlings, *Biol Trace Elem Res*, 143 (3), 1758-1776.
- Hawrylak-Nowak, B., 2008, Effect of selenium on selected macronutrients in maize plants, *J. Elementol.*, 13(4), 513-519.
- Hawrylak-Nowak, B., 2009, Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress, *Biol Trace Elem Res*, 132 (1-3), 259-269.
- Hernández, J. A., Aguilar, A. B., Portillo, B., López-Gómez, E., Beneyto, J. M. ve García-Legaz, M. F., 2003, The effect of calcium on the antioxidant enzymes from salt-treated loquat and anger plants, *Functional Plant Biology*, 30 (11), 1127-1137.
- Hu, L., Wang, Z., Du, H. ve Huang, B., 2010, Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common bermudagrass genotypes differing in drought tolerance, *J Plant Physiol*, 167 (2), 103-109.
- Hunt, R., Causton, D. R., Shipley, B. ve Askew, A. P., 2002, A modern tool for classical plant growth analysis, *Ann Bot*, 90 (4), 485-488.
- Ibrahim, H. M., 2014, Selenium Pretreatment Regulates the Antioxidant Defense System and Reduces Oxidative Stress on Drought-Stressed Wheat (*Triticum aestivum* L.) Plants, *Asian Journal of Plant Sciences* 13 (3), 120-128.
- Irmak, S. ve Semercioğlu, T., 2012, Çukurova Bölgesi'nde Yetiştirilen Bazı Buğday (*Triticum Spp.*) Çeşitlerinde Toprak-Bitki Selenyum İçeriği Arasındaki İlişki *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2), 19-23.
- Jaleel, C. A., Sankar, B., Murali, P. V., Gomathinayagam, M., Lakshmanan, G. M. ve Panneerselvam, R., 2008, Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus*; impacts on ajmalicine accumulation, *Colloids Surf B Biointerfaces*, 62 (1), 105-111.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. ve Panneerselvam, R., 2009, Drought stress in plants: A review on

- morphological characteristics and pigments composition, *International Journal of Agriculture and Biology*, 11, 100-105.
- Jiang, M. ve Zhang, J., 2002, Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves, *J Exp Bot*, 53 (379), 2401-2410.
- Johari-Pireivatlou, M. ve Maralian, H., 2011, Evaluation of 10 wheat cultivars under water stress at Moghan (Iran) condition, *African Journal of Biotechnology*, 10 (53), 10900-10905.
- Kalefetoğlu, T. ve Ekmekçi, Y., 2005, The Effects Of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms, *Gazi University Journal Of Science*, 18 (4), 723-740.
- Kapoor, R., Nasim, S. A., Dhir, B., Mahmooduzzafar ve Mujib, A., 2012, Selenium treatment alters phytochemical and biochemical activity of in vitro-grown tissues and organs of *Allium sativum* L., *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 48 (4), 411-416.
- Karamanos, A. J. ve Papatheohari, A. Y., 1999, Assessment of Drought Resistance of Crop Genotypes by Means of the Water Potential Index, *Crop Science*, 39, 1792-1797.
- Kavi Kishor, P. B. ve Sreenivasulu, N., 2014, Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue?, *Plant, Cell & Environment*, 37 (2), 300-311.
- KeLing, H., Ling, Z., JiTao, W. ve Yang, Y., 2013, Influence of selenium on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in melon (*Cucumis melo* L.) seedlings under salt stress, *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 82 (3), 193-197.
- Kerepesi, I. ve Galiba, G., 2000, Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings, *Crop Science*, 40, 482-487.
- Khattab, H. I., Emam, M. A., Emam, M. M., Helal, N. M. ve Mohamed, M. R., 2014, Effect of selenium and silicon on transcription factors NAC5 and DREB2A involved in drought-responsive gene expression in rice, *Biologia Plantarum*, 58 (2), 265-273.
- Kim, J. Y., Mahe, A., Brangeon, J. ve Prioul, J. L., 2000, A maize vacuolar invertase, IVR2, is induced by water stress. Organ/tissue specificity and diurnal modulation of expression, *Plant Physiol*, 124 (1), 71-84.
- Kong, L., Wang, M. ve Bi, D., 2005, Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress, *Plant Growth Regulation*, 45 (2), 155-163.
- Korteniemi, M., 2007, A Short Description of Glisin betain (Bluestim). Marketing and Registration Verdera Oy Luoteisrinne 2 P.O. Box 5 FI-02271 Espoo, FINLAND.
- Köşkeroğlu, S., 2013, Selenyum Uygulamalarının Farklı Buğday (*Triticum aestivum* L., *Triticum durum* Desf.) Genotipleri Üzerine Etkisi ve Selenyumun Kuraklık Stresine Karşı Koruyucu Rolünün Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* Muğla, 180s.
- Kuznetsov, V. V., Kholodova, V. P., Kuznetsov, V. V. ve Yagodin, B. A., 2003, Selenium regulates the water status of plants exposed to drought, *Dokl Biol Sci*, 390, 266-268.
- Laffray, D. ve Louguet, P., 1990, Stomatal responses and drought resistance, *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 137 (1), 47-60.
- Lawlor, D. W., 1995, The effects of water deficit on photosynthesis, *Environment and Plant metabolism*, 129-160.

- Levitt, J., 1980, Responses of plants to environmental stresses. Volume II. Water, radiation, salt, and other stresses, Academic Press., p. 607.
- Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S. K. ve Becker, D. F., 2013, Proline mechanisms of stress survival, *Antioxid Redox Signal*, 19 (9), 998-1011.
- Lyons, G. H., Lewis, J., Lorimer, M. F., Holloway, R. E., Brace, D. M., Stangoulis, J. C. R. ve Graham, R. D., 2004, High-Selenium Wheat: Agronomic Biofortification Strategies To Improve Human Nutrition, *Food, Agriculture & Environment*, 2(1), 171-178.
- Lyons, G. H., Genc, Y., Soole, K., Stangoulis, J. C. R., Liu, F. ve Graham, R. D., 2009, Selenium increases seed production in Brassica, *Plant and Soil*, 318 (1), 73-80.
- Madhava Rao, K. V. ve Sresty, T. V., 2000, Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses, *Plant Sci*, 157 (1), 113-128.
- Mahajan, S. ve Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Archives of biochemistry and biophysics*, 444 (2), 139-158.
- Maxwell, K. ve Johnson, G. N., 2000, Chlorophyll fluorescence--a practical guide, *J Exp Bot*, 51 (345), 659-668.
- Mikkelsen, R. L. ve Wan, H. F., 1990, The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice, *Plant and Soil*, 121 (1), 151-153.
- Mohammadi, A., Habibi, D., Rohami, M. ve Mafakheri, S., 2011, Effect of Drought Stress on Antioxidant Enzymes Activity of Some Chickpea Cultivars *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 11 (6), 782-785.
- Mohammadkhani, N. ve Heidari, R., 2008, Effects of Drought Stress on Soluble Proteins in two Maize Varieties *Turk J Biol*, 32, 23-30.
- Morris, M. L., 2002, Impacts of International Maize Breeding Research in Developing Countries, 1966-98, *International Maize And Wheat Improvement Center (CIMMYT)*, Mexico, 54s.
- Mostajeran, A. ve Eichi, V. R., 2009, Effects of Drought Stress on Growth and Yield of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars and Accumulation of Proline and Soluble Sugars in Sheath and Blades of Their Different Ages Leaves, *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 5 (2), 264-272.
- Moussa, H. R. ve Abdel-Aziz, S. M., 2008, Comparative Response of Drought Tolerant and Drought Sensitive Maize Genotypes to Water Stres, *Australian Journal of Crop Science*, 1(1), 31-36
- Nawaz, F., Ahmad, R., Waraich, E. A., Naeem, M. S. ve Shabbir, R. N., 2012, Nutrient Uptake, Physiological Responses, and Yield Attributes of Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Exposed To Early and Late Drought Stress, *Journal of Plant Nutrition*, 35 (6), 961-974.
- Nawaz, F., Ashraf, M. Y., Ahmad, R., Waraich, E. A., Shabbir, R. N. ve Bukhari, M. A., 2015a, Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alterations in biochemical processes under normal and water deficit conditions, *Food Chem*, 175, 350-357.
- Nawaz, F., Ahmad, R., Ashraf, M. Y., Waraich, E. A. ve Khan, S. Z., 2015b, Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress, *Ecotoxicol Environ Saf*, 113, 191-200.
- Nayyar, H. ve Gupta, D., 2006, Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants, *Environmental and Experimental Botany*, 58 (1-3), 106-113.

- Nejat, F., Dadniya, M., Shirzadi, M. H. ve Lak, S., 2009, Effects of drought stress and Selenium application on yield and yield components of two maize cultivars, *JPEP*, 1 (2), 95-102.
- Odabaş, A. İ. ve Yılmaz, S., 2006, Selenyum uygulamalarında arpada (*Hordeum vulgare* L.) Selenyum, Kükürt ve Azot alımına ve Amino Asit İçeriğine etkisi, *Physiological Reviews*, (In the Press).
- Olson, O. E., Joenlin, D. F. ve Moxon, A. L., 1942, Field studies on methods for determining availability of selenium to plants, *Soil Science*, 53 (5).
- Panda, R. K., Behera, S. K. ve Kashyap, P. S., 2004, Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions, *Agricultural Water Management*, 66 (3), 181-203.
- Pazoki, A. R., H., S. R. A., Habibi, D., Paknejad, F., Kobraee, S. ve Hadayat, N., 2010, Effect of Drought Stress and Selenium Spraying on Superoxide Dismutase Activity of Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars, *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 4 (3), 655-658.
- Pelleschi, S., Rocher, J. P. ve Prioul, J. L., 1997, Effect of water restriction on carbohydrate metabolism and photosynthesis in mature maize leaves, *Plant, Cell & Environment*, 20 (4), 493-503.
- Peterson, P. J. ve Butler, G. W., 1962, The Uptake and Assimilation of Selenite by Higher Plants, *Australian Journal of Biological Sciences*, 15 (1), 126-146.
- Pinhero, R., Liaw, P., Bertens, K. ve Yankulov, K., 2004, Three cyclin-dependent kinases preferentially phosphorylate different parts of the C-terminal domain of the large subunit of RNA polymerase II, *European Journal of Biochemistry*, 271 (5), 1004-1014.
- Pinhero, R. G. ve Paliyath, G., 2001, Antioxidant and calmodulin-inhibitory activities of phenolic components in fruit wines and its biotechnological implications, *Food Biotechnology*, 15 (3), 179-192.
- Pöldma, P., Moor, U., Tõnutare, T., Herodes, K. ve Rebane, R., 2013, Selenium Treatment Under Field Conditions Affects Mineral Nutrition, Yield and Antioxidant Properties of Bulb Onion (*Allium cepa* L.), *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 12(6), 167-181.
- Proietti, P., Nasini, L., Del Buono, D., D'Amato, R., Tedeschini, E. ve Businelli, D., 2013, Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress, *Scientia Horticulturae*, 164, 165-171.
- Rani, N., Dhillon, K. S. ve Dhillon, S. K., 2005, Critical Levels of Selenium in Different Crops Grown in an Alkaline Silty Loam Soil Treated with Selenite-Se, *Plant and Soil*, 277 (1), 367-374.
- Ríos, J. J., Rosales, M. A., Blasco, B., Cervilla, L. M., Romero, L. ve Ruiz, J. M., 2008, Biofortification of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants, *Scientia Horticulturae*, 116 (3), 248-255.
- Rodrigo, S., Santamaria, O. ve Poblaciones, M. J., 2014, Selenium Application Timing: Influence in Wheat Grain and Flour Selenium Accumulation Under Mediterranean Conditions, *Journal of Agricultural Science*, 6 (3), 23-30.
- Romanello, G. A., Chuchra-Zbytniuk, K. L., Vandermer, J. L. ve Touchette, B. W., 2008, Morphological adjustments promote drought avoidance in the wetland plant *Acorus americanus*, *Aquatic Botany*, 89 (4), 390-396.
- Sade, B., 1987, Çumra İlçesi Sulu Şartlarında Bazı Melez Mısır Çeşitlerinin Önemli Zirai Karakterler Üzerinde Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

- Sajedi, N., Madani, H. ve Naderi, A., 2011, Effect of Microelements and Selenium on Superoxide Dismutase Enzyme, Malondialdehyde Activity and Grain Yield Maize (*Zea mays* L.) under Water Deficit Stress, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39 (2), 153-159.
- Salisbury, F. B. ve Ross, C. W., 1992, Plant physiology, Ed. 4, Wadsworth Publishing Company, p. 682.
- Sánchez, F. J., de Andrés, E. F., Tenorio, J. L. ve Ayerbe, L., 2004, Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress, *Field Crops Research*, 86 (1), 81-90.
- Santa-Cruz, A., Martinez-Rodriguez, M. M., Perez-Alfocea, F., Romero-Aranda, R. ve Bolarin, M. C., 2002, The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype, *Plant Science*, 162 (5), 825-831.
- Seppänen, M., Turakainen, M. ve Hartikainen, H., 2003, Selenium effects on oxidative stress in potato, *Plant Science*, 165 (2), 311-319.
- Sharma, S., Bansal, A., Dhillon, S. K. ve Dhillon, K. S., 2010, Comparative effects of selenate and selenite on growth and biochemical composition of rapeseed (*Brassica napus* L.), *Plant and Soil*, 329 (1), 339-348.
- Shirani Rad, A. H., 2012, Effect of selenium and zeolite on morphophysiological characteristics of canola varieties in different moisture regimes, *Annals of Biological Research*, 3 (4), 2023-2027.
- Shvaleva, A. L., Costa, E. S. F., Breia, E., Jouve, J., Hausman, J. F., Almeida, M. H., Maroco, J. P., Rodrigues, M. L., Pereira, J. S. ve Chaves, M. M., 2006, Metabolic responses to water deficit in two *Eucalyptus globulus* clones with contrasting drought sensitivity, *Tree Physiol*, 26 (2), 239-248.
- Singh, M., Bhandari, D. K. ve Singh, N., 1976, Effect of selenium and sulphur on the growth of sorghum (*Sorghum vulgare*) and availability of selenium and sulphur, *Indian J. Plant Physiol.* , 19, 8-11.
- Smart, R. E., 1974, Rapid estimates of relative water content, *Plant Physiol*, 53 (2), 258-260.
- Smirnoff, N., 1993, The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation, *New Phytologist*, 125 (1), 27-58.
- Song, J. Y., Wang, H. H., Zhu, X. X., Jia, H. F., Xi, H. L., Sun, J. L., Yin, J. ve Zhang, W. Y., 2006, Effect of spraying selenium to the leaves on the performance of antioxidation of wheat and grain selenium content, *J. Triticeae Crops*, 26, 178-181 (in Chinese).
- Srivastava, M., Ma, L. Q., Rathinasabapathi, B. ve Srivastava, P., 2009, Effects of selenium on arsenic uptake in arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L, *Bioresour Technol*, 100 (3), 1115-1121.
- Stephen, R. C., Saville, D. J. ve Watkinson, J. H., 1989, The effects of sodium selenate applications on growth and selenium concentration in wheat, *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 17 (3), 229-237.
- Tascı, E. ve Seçkin Dinler, B., 2013, Guano-Induced Germination and Responses of Wheat Seedlings to Guano Under Water Stress Treatments, *Suleyman Demirel University, Faculty of Agriculture*, 8 (2), 44-51.
- Tatar, O. ve Gevrek, M. N., 2008, Influence of water stress on proline accumulation, lipid peroxidation and water content of wheat, *Asian Journal of Plant Sciences*, 7 (4), 409-412.
- Teimouri, S., Hasanpour, J. ve Tajali, A. A., 2014, Effect of Selenium spraying on yield and growth indices of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress

- condition, *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2 (6), 2091-2103.
- Terzi, R. ve Kadioglu, A., 2006, Drought stress tolerance and the antioxidant enzyme system, *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 48, 89-96.
- Terzi, R., Sağlam, A., Kutlu, N., Nar, H. ve Kadioğlu, A., 2010, Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photosystem II and antioxidant enzyme activities of *Phaseolus vulgaris* cultivars, *Turk J Bot.*, 34, 1-10.
- Tietz, D. ve Tietz, A., 1982, Strep im pflanzenreich, *Biologie in unserer zeit*, 12, 113-119.
- Turner, N. C., 1986, Crop water deficits: a decade of progress, *Advances in agronomy*, 39, 1-51.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F. ve 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.
- Türkmen, N., 2010, Toprak Özellikleri ile Selenyum Yarayışlılığı Arasındaki İlişkiler ve Sarımsağın Selenyum ile Zenginleştirilmesi, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 177s.
- Türkoğlu, A., 1971, Gıda Maddeleri İktisadi Coğrafya 1. Kitap, *İst Matbaası*, İstanbul, 273s.
- Valadabadi, S. A., Shiranirad, A. H. ve Farahani, H. A., 2013, Ecophysiological influences of zeolite and selenium on water deficit stress tolerance in different rapeseed cultivars, *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 2 (8), 154-159.
- Valkama, E., Kivimäenpää, M., Hartikainen, H. ve Wulff, A., 2003, The combined effects of enhanced UV-B radiation and selenium on growth, chlorophyll fluorescence and ultrastructure in strawberry (*Fragaria × ananassa*) and barley (*Hordeum vulgare*) treated in the field, *Agricultural and Forest Meteorology*, 120 (1-4), 267-278.
- Verslues, P. E. ve Bray, E. A., 2006, Role of abscisic acid (ABA) and *Arabidopsis thaliana* ABA-insensitive loci in low water potential-induced ABA and proline accumulation, *J Exp Bot*, 57 (1), 201-212.
- Wang, C.-Q., 2011, Water-stress mitigation by selenium in *Trifolium repens* L, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174 (2), 276-282.
- Whanger, P. D., 2002, Selenocompounds in plants and animals and their biological significance, *J Am Coll Nutr*, 21 (3), 223-232.
- White, C. L., Robson, A. D. ve Fisher, H. M., 1981, Variation in nitrogen, sulfur, selenium, cobalt, manganese, copper and zinc contents of grain from wheat and two lupin species grown in a range of Mediterranean environments, *Australian Journal of Agricultural Research*, 32 (1), 47-59.
- Xianyou, W., Yunhui, L., Xiumin, W. ve Jianxin, T., 1999, Study on the form distribution of selenium in soils and its available status, *Journal of Hebei Agricultural University*, 222 (1), 20-23.
- Xiong, Y., Xing, G., Xing, G., Li, F., Wang, S., Li, Z. ve Wang, Y., 2006, Dual role of Abscisic acid on antioxidative defense in grass Pea seedling (*Lathyrus sativus* L.), *Pak. J. Bot.*, 39 (4), 999-1014
- Xue, T. ve Hartikainen, H., 2000, Association of antioxidative enzymes with the synergistic effect of selenium and UV irradiation in enhancing plant growth, *Agricultural and Food Science; Vol 9, Nro 2 (2000)*.

- Yao, X., Chu, J. ve Wang, G., 2009, Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress, *Biol Trace Elem Res*, 130 (3), 283-290.
- Yao, X., Chu, J., Liang, L., Geng, W., Li, J. ve Hou, G., 2012, Selenium improves recovery of wheat seedlings at rewatering after drought stress, *Russian Journal of Plant Physiology*, 59 (6), 701-707.
- Zahedi, H., Noormohammadi, G., Shirani Rad, A. H., Habibi, D. ve Akbar Boojari, M. M., 2009, Effect of Zeolite and Foliar Application of Selenium on Growth, Yield and Yield Component of Three Canola Cultivar under Conditions of Late Season Drought Stress, *Notulae Scientia Biologicae; Vol 1, No 1 (2009): Pilot Issue*.
- Zanjani, K. E., Shirani Rad, A. H., Naeemi, M., Aghdam, A. M. ve Taherkhani, T., 2012, Effects of Zeolite and Selenium Application on Some Physiological Traits and Oil Yield of Medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) under Drought Stress, *Current Research Journal of Biological Sciences*, 4 (4), 462-470.
- Zgallai, H., Steppe, K. ve Lemeur, R., 2005, Photosynthetic, Physiological and Biochemical Responses of Tomato Plants to Polyethylene Glycol-Induced Water Deficit, *Journal of Integrative Plant Biology*, 47 (12), 1470-1478.
- Zhang, Y.-L., Zhang, H.-Z., Du, M.-W., Li, W., Luo, H.-H., Chow, W.-S. ve Zhang, W.-F., 2010, Leaf Wilting Movement Can Protect Water-Stressed Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Plants Against Photoinhibition of Photosynthesis and Maintain Carbon Assimilation in the Field, *Journal of Plant Biology*, 53 (1), 52-60.
- Zou, J., Liu, C., Liu, A., Zou, D. ve Chen, X., 2012, Overexpression of OsHsp17.0 and OsHsp23.7 enhances drought and salt tolerance in rice, *J Plant Physiol*, 169 (6), 628-635.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Seyit Ahmet TEKİŞ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya, 03.05.1986
Telefon : 05385989058
e-mail : tekisseyitahmet@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Muhittin Güzelkılınç Lisesi (YDA), Meram, Konya	2004
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2009
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
20.08.2010	Necmettin Erbakan Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi	Biyolog

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

- E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, M. Kucukoduk, **S.A. Tekis** (2014). Sodium nitroprusside (SNP): an effective protectant on antioxidant activity in maize roots subjected to polyethylene glycol-induced osmotic stress. *BioDivEvo 2014*, Book of Abstracts, p. 116 (24-27 March, Dresden, Germany).
- E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, M. Kucukoduk, **S.A. Tekis** (2014). Exogenous selenium mitigates osmotic, heat stress and their combination toxicity by up-regulation of antioxidant enzymes in *Zea mays* roots. *3rd International Congress of the Molecular Biology Association of Turkey (MBAoT)*, Book of Abstracts, p. 202 (10-12 September, Izmir, Turkey).
- S.A. Tekiş**, E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, M. Kucukoduk (2014). Exogenously applied selenium in *Zea mays* subjected to osmotic, heat and their combination: Effects on the water status, osmotic adjustment and carbohydrate accumulation. *3rd International Congress of the Molecular Biology Association of Turkey (MBAoT)*, Book of Abstracts, p. 203 (10-12 September, Izmir, Turkey).

- E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, M. Kucukoduk, **S.A. Tekis**, A. Yildiztugay (2015). The exogenously applied selenium modulates antioxidant system in hydroponically grown *Zea mays* roots under combined osmotic and heat stress. *The International Conference on Science, Ecology and Technology I (ICONSETE'2015)*, Book of Abstracts, p. 51-52 (25-28 August 2015, Vienna, Austria).
- C. Ozfidan-Konakci, E. Yildiztugay, M. Kucukoduk, **S.A. Tekis**, A. Yildiztugay (2015). Potentialities of gallic acid on the cadmium and/or zinc stress tolerance associated with photosynthetic capacity and water management in hydroponically grown soybean leaves. *The International Conference on Science, Ecology and Technology I (ICONSETE'2015)*, Book of Abstracts, p. 53 (25-28 August 2015, Vienna, Austria).
- E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, M. Kucukoduk, **S.A. Tekis**, A. Yildiztugay (2015). The changes of ascorbate and glutathione contents in soybean roots treated with cadmium and/or zinc stress. *2nd International Conference on Natural Products Utilization: from Plant to Pharmacy Shelf (ICNPU-2015)*, Book of Abstracts, p. 330 (14-17 October 2015, Plovdiv, Bulgaria).
- E. Yildiztugay, C. Ozfidan-Konakci, M. Kucukoduk, **S.A. Tekis** (2017). Exogenously applied selenium modulates antioxidant system in hydroponically grown *Zea mays* roots under combined osmotic and heat stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(2), 261–275.