

T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**TUZ STRESİ ALTINDAKİ BİBER BİTKİSİNE POTASYUM
UYGULAMALARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ömer ÖZTAŞ
DANIŞMAN: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

VAN-2018

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**TUZ STRESİ ALTINDAKİ BİBER BİTKİSİNE POTASYUM
UYGULAMALARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ömer ÖZTAŞ

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2016-5513 No' lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2018

TEZ BİLDİRİMİ

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

Ömer ÖZTAŞ



KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof.Dr. Fikret YAŞAR danışmanlığında, Ömer ÖZTAŞ tarafından sunulan “Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Potasyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 16/02/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. Fikret YAŞAR

İmza:

Üye: Prof. Dr. Rukiye TIPIRDAMAZ

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Özlem ÜZAL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09.10.2018 tarih ve 2018/13-7..sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

ÖZET

TUZ STRESİ ALTINDAKİ BİBER BİTKİSİNE POTASYUM UYGULAMALARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZTAŞ, Ömer

Yüksek Lisans Tezi, Ziraat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Şubat, 2018, 67 Sayfa

Tuz stresi altındaki biber bitkisine farklı dozlarda Potasyum (K^+) uygulayarak bitkilerin stresten kurtulup kurtulmayacağını anlamak amacıyla yapılan bu çalışmada, materyal olarak Demre sivri biber çeşidi kullanılmıştır. Çalışma kontrollü şartlardaki 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25 °C de ve % 70 nemli iklim odasında yürütülmüştür. Pomza içine ekilmiş tohumlar çimlendikten sonra, 2 gerçek yaprak oluşan fideler hidroponik kültüre alınmıştır. Hidroponik çözeltisindeki kültürde Hoagland besin çözeltisi kullanılmıştır. Mevcut Hoagland solusyonundaki K^+ 136 ppm olarak hesaplanmış ve bu kontrol olarak kullanılmıştır. Diğer dozlar ise K1=116 ppm, K2=136 ppm, K3=156 ppm, K4=176 ppm olarak uygulanmıştır. Ayrıca bitkilere 100 mM NaCl tuz uygulanmıştır. Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, tuz uygulamasının 20. gününde yapılmıştır. Alınan bu örneklerde, temel bazı büyüme parametrelerinden yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitki boyu ve boğum araları mesafe, tuza dayanım skalası ile bazı biyokimyasal parametrelerden klorofil, MDA (Malondialdehit), sodyum (Na^+), Potasyum (K^+), Kalsiyum (Ca^{+2}), klorür (Cl^-), demir (Fe^{+2}), çinko (Zn^{+2}), bakır(Cu^{+2}), mangan (Mn^+) ve magnezyum (Mg^+) içeriklerinin yanında Antioksidatif enzim aktivitelerinden Katalaz (CAT), Askorbat Peroksidaz (APX) ve Süperoksit dismutaz (SOD) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, K^+ uygulamalarının K3=156 ppm ve K4=176 ppm'lik dozları bitkiyi tuzun zararlı etkisinden kurtarması yönünde etkili olduğunu, iyon alım ve taşınım dengesinin sağlandığını, bitkilerin MDA miktarlarında azalmaların, klorofil miktarlarında kontrole göre yükselişlerin olduğu tesbit edilmiştir. Ayrıca bu dozların uygulandığı bitkiler tuz stresinin olumsuz etkisinden kurtuldukları için Antioksidan enzim aktiviteleri, kontrole ve K^+ 'unun diğer dozlarına göre oldukça düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Antioksidatif enzim aktiviteleri, Biber, İyon birikimi
Potasyum dozları, Tuz stresi



ABSTRACT

RESEARCH ON THE EFFECT OF POTASSIUM APPLICATIONS ON PEPPER PLANT UNDER SALT STRESS

ÖZTAŞ, Ömer

M.Sc. Thesis, Department of Horticulture

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fikret YAŞAR

February, 2018, 67 page

The pepper plants under salt stress, different doses of potassium (K^+) by applying in this study in order to understand how to recover from the stress of plants, Demre long pepper is used as a material. The study was carried out in a controlled 16/8 hour light / dark photoperiod, at 25 ° C and 70% humid climate. After planting seeds in the pumice germinate, 2 true leaf-forming seedlings were taken from the hydroponic culture. It was calculated as 136 ppm (K) in the present Hoagland solution and was used as this control. Other doses were applied as K1 = 116 ppm, K2 = 136 ppm, K3 = 156 ppm, K4 = 176 ppm. In addition, 100 mM NaCl salt was applied to the plants. Sampling for the measurements and analyzes was carried out on the 20th day of the salt application. In these examples, the number of leaves from some basic growth parameters, leaf weight, root weight, body weight, plant height and node spacing distance, Some of the biochemical parameters such as chlorophyll, MDA (Malondialdehyde), sodium (Na^+), Potassium (K^+), Calcium (Ca^{+2}), chloride (Cl^-), iron (Fe^{+2}), zinc (Zn^{+2}), copper (Cu^{+2}), manganese (Mn^+) and magnesium (Mg^+) beside the content Antioxidative enzyme activities Catalase (CAT), Ascorbate Peroxidase (APX) and Superoxide dismutase (SOD) have been identified. In the results obtained, K doses of K3 = 156 ppm and K4 = 176 ppm were planted is effective in reducing the harmful effect of the salt, ion uptake and transport that provide stability, decreased amounts of MDA in plants and increase in chlorophyll levels compared to control. In addition, since the plants to which these doses are administered are relieved from the negative effect of salt stress Antioxidant enzyme activities were found to be very low compared to other doses of control and K^+ .

Keywords: Antioxidative enzyme activities, Pepper, Ion accumulation, Potassium doses, Salt stress



ÖN SÖZ

Öğrenci yetiştirme ve danışmanlık; Dünya üzerinde en kutsal meslekler arasında yer almaktadır. Geleceği şekillendirmenin bireyi şekillendirmeden geçtiği düşünülürse bu görevin önemi ve kutsiyeti ortaya çıkmaktadır. Bu durumun bilincinde olup bilgilerini ve tecrübelerini bizlere aktararak sosyal ve akademik hayata layığı ile hazırlanmamızı ve bu alanlarda başarılı olmamız için elinden gelenin fazlasını yapan, yüksek lisan eğitimim boyunca bana yol göstererek rehberlik eden, laboratuvar içinde ve laboratuvar dışında benden yardımlarını esirgemeyen, kendisini tanımaktan ve birlikte çalışmaktan keyif ve onur duyduğum değerli danışman hocam; Prof. Dr. Fikret YAŞAR' a; Çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Yrd. Dr. Özlem ÜZAL'a; Laboratuvar çalışmalarımnda büyük yardımları dokunan değerli arkadaşım Ziraat Mühendisi Halide TUĞA ve Yüksek Ziraat Mühendisi Neslihan ŞEVGİN ZİREK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

2018

Ömer ÖZTAŞ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Bitki materyali.....	17
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Temel bazı büyüme parametrelerinin belirlenmesi	21
3.2.2. 1-5 Skalası ile Değerlendirme	21
3.2.3. Mineral Element Analizleri	22
3.2.4. Klorofil Analizi	23
3.2.5. Lipid Peroksidasyonu	24
3.2.6. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri.....	24
4. BULGULAR	27
4.1. Bitki büyüme parametreleri	27
4.1.1. Yapraklardaki semptomlara göre skala değerleri.....	28
4.1.2. Bitki organlarındaki iyon birikim miktarları	30
4.1.3. Lipid peroksidasyonu (MDA içeriği) ve klorofil bakımından ortaya çıkan değişimler	41
4.1.4. Antioksidant enzim aktiviteleri	42
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	46
SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR.....	55
ÖZ GEÇMİŞ.....	67



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Kullanılan besin çözeltileri içerikleri (ppm).....	21
Çizelge 4.1. Demre biber bitkisi uygulamalardan sonra alınan örneklerden büyüme ve gelişme parametreleri.....	30
Çizelge 4.2. Yapraklardaki semptomlara göre tuza dayanım skalası (puan).....	29
Çizelge 4.3. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Na^+ elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.) .	30
Çizelge 4.4. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+ elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)..	31
Çizelge 4.5. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+/Na^+ oranı	32
Çizelge 4.6. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl^- elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)...	34
Çizelge 4.7. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca^{+2} elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)	35
Çizelge 4.8. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu^{+2} elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)	36
Çizelge 4.9. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg^+ elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)..	37
Çizelge 4.10. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn^{+2} elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)	38

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.11. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe ⁺² elementi iyonu birikimleri (µ g/mg T.A.)	38
Çizelge 4.12. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn ⁺ elementi iyonu birikimleri (µ g/mg T.A.)	39
Çizelge 4.13. Uygulamalardan sonra bitkilerden alınan yaprakların MDA ve Klorofil içerikleri (µ mol/g T.A.)	40
Çizelge 4.14. Uygulamalardan alınan bitkilerin yaprağındaki Katalaz, Askorbat peroksidaz, Süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri (mol/min/mg T.A.)	41.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan demre sivri biber çeşidine ait tohum resmi.....	17
Şekil 3.2. Demre sivri biber tohumlarının çimlenmesi için hazırlanan pomza.....	18
Şekil 3.3. Demre sivri biberin çimlenme aşaması.....	18
Şekil 3.4. Bitkilerin plastik küvetlere yerleştirme aşaması.....	18
Şekil 3.5. Su kültürüne alma ve havalandırma aşaması.....	19
Şekil 3.6. Çalışmada bitkilerin genel durumu.....	19
Şekil 3.7. İyon analiz süzüklerin hazırlanması aşaması.....	22
Şekil 3.8. Klorofil analizinde yapılan işlemler.....	23
Şekil 3.9. Spektrofotometrede okumanın yapılması.....	23
Şekil 3.10. Lipit peroksidasyonu işlemleri.....	24
Şekil 3.11. Spektrofotometrik enzim aktiviteleri analiz yapılma işlemleri.....	25
Şekil 4.1. Bitkilerden kök uzunluğu, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, boğum arası mesafe ve toplam bitki ağırlığı.....	28
Şekil 4.2. Morfolojik olarak en az ve en fazla tuzdan etkilenen uygulamalara ait bitkilerin görünüşleri.....	29
Şekil 4.3. Sonlanan çalışmanın (20. Gün) skala oluşturulduğunda bitkilerin genel durumları.....	29
Şekil 4.4. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Na ⁺ birikimleri...30	
Şekil 4.5. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K ⁺ birikimleri...32	
Şekil 4.6. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K ⁺ /Na ⁺ oranları...33	
Şekil 4.7. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl ⁻ birikimleri...34	
Şekil 4.8. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca ⁺² birikimleri...35	

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu^{+2} birikimleri.	36
Şekil 4.10. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg^+ birikimleri.	37
Şekil 4.11. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn^{+2} birikimleri.	38
Şekil 4.12. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe^{+2} birikimleri.	39
Şekil 4.13. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn^+ birikimleri.	40
Şekil 4.14. Uygulamaların MDA miktarı üzerine etkisi.....	42
Şekil 4.15. Uygulamaların klorofil miktarı üzerine etkisi.....	42
Şekil 4.16. Uygulamaların katalaz enzimi üzerine etkisi.....	43
Şekil 4.17. Uygulamaların APX enzimi üzerine etkisi.....	44
Şekil 4.18. Uygulamaların SOD enzimi üzerine etkisi.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
Cm	Santimetre
G	Gram
Kg	Kilogram
Ha	Hektar
L	Litre
Mg	Miligram
ml	Mililitre
mmhos	MiliMhos
mmol	Milimol
mM	Milimolar
MPa	Megapascal
Nm	Nanometre
rpm	Dönüş/devir sayısı
ppm	Milyonda 1 birimlik
pH	Hidrojen Potansiyeli
µg	Mikrogram
µ g/mg T.A.	Mikrogram/miligram Taze ağırlıkta
mol/min/mg T.A.	Mol/dak/miligram Taze ağırlık
EC	Elektriksel İletkenlik
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
Cu	Bakır
Fe	Demir
K	Potasyum
Mg	Magnezyum

Mn

N

Na

Zn

Kısaltmalar

APX

ATP

CAT

CaCl₂

CaCO₃

CaNO₃

CO₂

DNA

FAO

HNO₃

H₂O₂

KNO₃

MDA

MgCl₂

MgSO₄

Na₂CO₃

NaHCO₃

Na₂NO₃

Na₂SO₄

NBT

O₂

RNA

SOD

TBA

TCA

TUİK

Azot

Sodyum

Çinko

Açıklama

Askorbat peroksidaz

Adenozin trifosfat

Katalaz

Kalsiyum klor

Kalsiyum karbonat

Kalsiyum Nitrat

Karbondioksit

Deoksiribo Nükleik asit

Foodand Agriculture Organization

Nitrik asit

HidrojenPeroksit

Potasyum nitrat

Malondialdehit

Magnezyum klorür

Magnezyum sülfat

Sodyum karbonat

Sodyum bikarbonat

Sodyum nitrat

Sodyum sülfat

Nitroblue tetrazolium kloridin

Oksijen

Ribonükleik asit

Süperoksit dismutaz

Tiobarbütirik asit

Trikloroasetik asit

Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Biberin ülkemize Avrupa ülkeleri ile kurulan ilişkiler ile girdiği düşünülmesine karşın yapılan son araştırmalarda farklı görüşler ortaya çıkmıştır. Andrews (1999) Türkiye'ye biberin üç değişik noktadan girme ihtimali üzerinde dururken, bunlardan birincisinde biberin İspanya'dan deniz yolu ile Güney Afrika kıyılarından Hindistan'a ulaştığını buradan Asya kıtasına yayıldığını belirtirken, Basra Körfezi veya Kızıldeniz yolu ile Suriye'ye buradan, Türkiye'ye girdiği düşünülmektedir. İkinci görüşe göre Amerika kıtasından İspanya'ya gelen biber, Fas üzerinden Mısır'a buradan İskenderun yolu ile İstanbul'a kadar ulaşmış, balkan ülkelerine hatta İtalya'ya İstanbul ile yapılan ticaret ile ulaştığı düşünülmektedir. Ayrıca Hindistan'dan Asya Kıtasına yayılan biberin, Afganistan ve İran üzerinden Türkiye'ye girdiği, buradan İstanbul'a ve bazı Doğu Avrupa ülkelerine yayıldığı diğer bir görüş olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu üç görüşün ortak noktası ise biberin ülkemize 15-16. yy. arasında Osmanlı İmparatorluğu döneminde birçok ülke ile yapılan ticaret ile girdiği, hatta bazı tüccarlar tarafından karabibere rakip olmak üzere birçok ülkeye pazarlandığı bildirilmektedir (Anonim, 2017a).

Biber kazık köklü olup yan ve saçak köklere sahiptir. Çiçek dal koltuklarında veya yaprak koltuklarında bulunur. Dişi organ 2-5 karpellidir. % 3-25 arasında yabancı dölllenme ile gerçekleşir. Erkek ve dişi aynı zamanda olgunlaştığında kendine döller. Tohumlar oval şekillidir. Renkleri açık sarı ve kahve sarıdır. Tohumun temizliği % 95, kullanılma değeri % 60-65, çimlenme kabiliyeti % 65 tir. Tohumlar karanlık bir ortamda çimlenir. Biber için uygun sıcaklık, 20-30 °C'dir. 35 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda bitki gelişmesi ve büyümesi yavaşlar. 45 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda büyüme tümüyle durur. Yüksek sıcaklıklarda meyvelerde acılaşıma başlar. Bitkilerin iyi bir gelişme göstermesi için düzenli olarak sulanması gerekmektedir. Sıcaklığın biberlerde meyve bağlama ve olgunluğu üzerine de etkisi vardır. Biberlerin gün uzunluğuna karşı nötr oldukları, bununla birlikte, ışık şiddetinden kısmen de olsa hoşlandıkları görülür. Işık yoğunluğunun azalması ile birlikte bitkilerde bol yapraklı bir görünüm kazandırır. Çiçek tomurcuklarının oluşumu durur. Meyve verimi azalır. Buna karşılık, ışık şiddetinin artması ile birlikte meyve oluşumu artar. Gece sıcaklığı nispeten düşük olduğu zaman, biberler, dölllenme olmadan yani partenokarpik tohuma sahip

meyveler meydana getirmektedir. Düşük sıcaklığın etkisi, tam çiçeklenmeden önce, tam çiçeklenme sonrasında daha büyüktür. Pazar için meyve üretiminde bu durum bir üstünlük iken, tohum üretiminde yararlı değildir (Anonim, 2017b).

Biberin ülkemizde toplam sebze üretiminde önemli bir payı vardır. TÜİK 2016 yılı verilerine göre Türkiye’de Salçalık biber 957.03 ton, Dolmalık biber 418.435 ton, Sivri biber 967.466 ton üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2017c).

Biber, Dünyada ve Ülkemizde yoğun olarak tüketilen önemli bir sebzedir. Ülkemizin her bölgesinde az veya çok biber yetiştiriciliği yapılmaktadır. Taze tüketimi ile birlikte; turşu, toz biber, salça, közleme, sos ve ana yemeklerde değişik şekillerde değerlendirilmektedir. 100 g taze yeşil tatlı biberde, 29 kalori, 1.1 g protein. 0.29 yağ, 92.6 g su, 4.29 karbonhidrat, 1.4 g selüloz bulunmaktadır. Yeşil tatlı biberler A,B1,B2, C vitaminlerince zengindir. Biberde ayrıca P ve K vitaminleri ile alkaloitler de vardır. Bunlar mideyi kuvvetlendirir, hazmı artırır ve iştah açar. P vitamini kan dolaşımını uyarır ve kan basıncını ayarlar. K vitamini ise kanamayı durdurur. Biber tohumlarındaki yağ oran % 25-28 dir. Biberde capsicin denilen alkaloit bulunur. Bu alkaloitin oranına göre, biberlerde meydana gelen acılık iştah açıcı özelliği ile birlikte sindirim sisteminde de dezenfekte edici bir madde olarak ayrı bir önem taşımaktadır. Suyu sıkıldığı ve dışarıdan sürüldüğü zaman romatizmaya iyi gelmektedir. Ayrıca *Pleuritis* ve *Angina pectoris*’e karşı ilaç olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda biber suyu adale ağrısı ve romatizma için çeşitli ilaçların bileşimine girmektedir (Anonim, 2017d).

Kaliteli ürün alınabilmesi için nasıl ki insan ve hayvanlarda yeteri ve dengeli şekilde beslenmeleri gerekliyse bitkilerinde aynı şekilde dengeli ve yeteri kadar beslenmeleri gerekmektedir. En çok kullanılan kimyasal gübreler temelde azot, fosfor ve potasyum bulundurur. Tarımı yapılan topraklar ise azot, fosfor ve potasyum yönünden yaygın şekilde noksanlık gösterir. Bundan dolayı gübreleme yapılırken azot, fosfor ve potasyum yeterli ve dengeli düzeyde bulunmalıdır. Potasyum (K⁺), bitkiler için azottan sonra öteki bitki besin elementlerine göre toprakta daha fazla alınan ana besin elementidir.

Potasyum bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal yönden hayati öneme sahip işlevlere sahiptir. Potasyum bu işlevlere bağlı olarak bitkilerde ürün kalitesini ve miktarını artırmaktadır.

Bitkilerin büyümesinde enzimin potasyum tarafından aktivitesinin artırıldığı saptanmıştır. Enzimler, katalizörlere benzer şekilde kimyasal tepkimelere etki yaparak farklı moleküllerin birleşmesini ve kimyasal tepkimelerin oluşmasını sağlarlar. Hücrelerin potasyuma bağlı olarak aktive olan enzim miktarı ve buna bağlı kimyasal tepkime oranı artar (Lauchli ve Pflunger, 1978). Nişasta sentezini gerçekleştiren nişasta sentetaz enzim aktivitesinde K^+ 'un etkinliği belli bir düzeye değin çok yüksektir (Preusser ve ark., 1981). Bitki besin elementlerinin aktif absorpsiyonunda rol oynayan ATP' az enziminin aktive olmasında da K^+ önemli işleve sahiptir.

Bitkiler güneşin fiziksel enerjisinden yararlanarak karbondioksit ve suyu birleştirip şekerleri oluştururken fotosentezin tepkimelerinde metabolik enerji kaynağı olan ATP' nın sentezlenmesinde K^+ temel göreve sahiptir (Tester ve Blatt, 1989).

Potasyum nişasta sentezini, danede nişasta miktarını, bitkilerin protein kapsamlarını, soğuğa dayanıklılığı, olgunlaşmayı hızlandırır ve azotun etkinliğini artırır. Suyun ve bitki besin elementlerinin, fotosentez ürünlerinin taşınmasına, depo edilmesine yardım eder. Potasyum bitkilerde kök gelişmesini, büyümesini hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı olumlu şekilde etkiler (Kacar, 2005).

Bitkilerin topraktan K^+ formunda aldıkları potasyum bitkilerde metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahip bir makro besin elementidir. Potasyum enzim aktivitesine, fotosenteze, bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmalarına yardım eder, protein kapsamını artırır, turgoru ve bitki su tüketimini dengeler. Potasyumun ayrıca başka bir özelliği ise bitkilerde yatmayı önler, soğuğa, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırır (Kacar, 2005).

Doğadaki her türlü abiyotik (düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksikliği veya fazlalıkları, hava kirliliği, ağır metaller, kuraklık, tuzluluk ve radyasyon gibi) ve biyotik (virüs, bakteri, hastalık oluşturan mantar vb. ve zararlılar) kökenli stres faktörlerine karşı bitki savunma mekanizmaları geliştirmektedir. Bitkiler bu stres koşullarına karşı uyum sağlayarak büyüme ve gelişmelerine devam etmeye çabalamaktadır. Strese girmiş bitkilerde genotipik özellikler çerçevesinde tepkiler oluşmakta, bazı bitki tür ve çeşitleri stresten az düzeyde etkilenirken, bazıları ise strese karşı ölümcül şekilde zarara uğramaktadır. Genetik temellere dayanan bu tip farklı uyum yeteneklerinin yanı sıra bitki farklı gelişme dönemleri, şiddeti, cinsi gibi

faktörlerinde de bitkilerde savunma mekanizmaları üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Yaşar, 2003; Yaşar ve ark., 2008 a,b; Yaşar ve ark., 2010).

Abiyotik stres faktörlerinden olan tuzluluk, tarım yapılan topraklarda ve tuzluluk tehdidi altında yetişen bitkiler olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemiz topraklarının yaklaşık 1.5 milyon hektarı (bunun % 32,5 i sulanabilir topraklar) tuzluluk sorunu bulunmaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Dünya üzerinde 800 milyon hektardan fazla karasal alan tuzluluktan etkilenmektedir ve bu alan dünyanın karasal alanın % 6'sından fazladır. Susuz tarım yapılan alanın 150 milyon hektarlık alanın 32 milyon hektarı çeşitli oranlarda ikincil tuzluluk tehdidi ile karşı karşıyadır. 230 milyon sulama yapılan alanın 45 milyon hektarı tuzdan etkilenmektedir (Munns, 2002). Ekilebilen alanların tuz birikiminin toprakları daha da harap edici boyutlara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durum sonucunda verimin düşmesi kalitenin azalmasına neden olup büyük ekonomik zararlara neden olacaktır (Mahajan ve Tuteja, 2000).

Stres altındaki canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de stres karşısında serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidant miktarları ve antioksidant enzim aktiviteleri yüksek olduğunda, o bitkiler oskidatif zararlanmaya karşı daha dayanıklı olmaktadırlar. Bitkideki kloroplastlar, toksik oksijen türevlerine karşı antioksidatif savunma sistemlerine sahip olup, bu antioksidantların başında vitamin E, vitamin C, glutasyon ve karotenoidler (beta-karoten ve zeaxanthin) gelmektedir (Karanlık, 2001). Süper oksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutasyon redüktaz (GR), katalaz (CAT) gibi enzimler serbest oksijen radikallerinin yok edilmesinde en etkin antioksidatif enzimler olarak bilinmektedirler (Cakmak ve Marschner, 1992; Cakmak, 1994; Gossett ve ark., 1994, Yaşar, 2003).

Toprakta bulunan çözünebilir tuzların miktarı, bitkinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan miktarın üzerine çıktığında sorunlar ortaya çıkmaya başlar. Topraktaki tuz miktarı artıkça bitkinin su alımı yavaşlar. Tuz konsantrasyonu, kullanılabilir su potansiyelini düşürmeye yetecek kadar olduğunda (0.5-1.0 bar) bitki strese girer ki, bu da tuz stresi olarak adlandırılır (Levitt, 1980).

Ekonomik öneme sahip çoğu bitki tuzluluğa karşı duyarlıdır. Tuzlu topraklarda yetiştiriciliği yapılan bitkiler için yetişmesini engelleyen faktörlerden bazıları: su stresi, besin maddelerinin alımı ve taşınımı sırasında ortaya çıkan dengesizlikler, Na^+ ve Cl^- iyonlarının bitkide birikmesi (Munns ve Termaat, 1986; Marschner, 1995; Karanlık,

2001; Yaşar, 2003). Tuzluluk sorununa yol açan bileşikler: klorürler (NaCl, CaCl₂, MgCl₂), sülfatlar (Na₂SO₄, MgSO₄), nitratlar (Na₂NO₃, KNO₃), karbonatlar ve bikarbonatlar (CaCO₃, Na₂CO₃, NaHCO₃) ve boratlardır (Munns ve Termaat, 1986).

Abiyotik stres faktörlerinden olan tuz stresi kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkinin büyümesini etkileyerek ürün veriminde azalmalara neden olan önemli stres faktörlerinden biridir. Tuzluluğa maruz kalmış bitki metabolik faaliyetleri yerine getirememekte ve hayatta kalma şansı zorlaşabilmektedir. Bazı bitkiler bu strese karşı duyarlılık gösterirken, bazı çeşitleri fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler cevaplar ile indüklenen tolerans mekanizmalarıyla hayatta kalabiliyor (Yaşar 2003; Yaşar ve ark., 2006c; Çulha ve Çakırlar, 2011).

Tuzluluğa karşı alınacak bazı önlemler; tuz stresine karşı toleransı yüksek bitki genotiplerinin kullanılması ve yeni çeşitlerin ıslah edilmesi gerekmektedir. Bitkisel üretimde tuzluluğun zararlı etkisini azaltmak için yapılması gerekenler; Tuzlu toprakların ıslah edilmesi, tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi, tuza tolerant genotiplerin seçilmesidir (Daşgan ve ark, 2006).

Tuz stresinin neden olduğu yapraklardaki erken yaşlanma ile lipid peroksidasyonu ürünü olan malondialdehit (MDA) arasındaki bir bağlantıdan bahsedilmektedir. MDA birikimi, iyon sızması (relative leakage ratio=RLR) ile çok kuvvetli bir paralellik göstermektedir. Lutts ve ark., (1996)'nın çeltik bitkisinde yaptıkları bir araştırmada tuza dayanıklı çeşitte MDA miktarı en düşük değerleri verdiği halde, tuza duyarlı çeşitte en yüksek MDA ölçümleri yapılmıştır. Tuzlu koşullarda oksidatif zararlanma sonucunda hücre zarlarında oluşan lipid peroksidasyonunun ürünü olarak malondialdehit açığa çıkmakta, hücre zarı fazla hasara uğramış olan genotiplerde hem MDA miktarı ve hem de RLR ya da iyon sızması yüksek değerlere ulaşmaktadır.

Bitkiler, stres koşullarında ortaya çıkan serbest oksijen radikallerine karşı, bazı savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Bunların bir kısmı enzimatik yollarla yapılan savunmalar ve toksik etkilerin ortadan kaldırılmasına yönelik tepkimeleri içermektedir, diğer bir kısmı ise enzimatik olmayan madde ve yollarla ilişkilidir. Diğer bir deyişle bitkiler kendilerini toksik O₂ türevlerine karşı koruyan, değişik miktarlarda antioksidantlara ve antioksidatif enzimlere sahiptirler (Asada ve Takahashi, 1987).

Enzimatik yollarla toksik oksijen radikallerinin zararsız formlara dönüştürülmesi, yalnızca bitkilerde değil, son yıllarda tüm canlılarda hücre tahribatının

önüne geçmede etkin olarak literatüre geçmiştir. Süperoksit dismutaz (SOD) (EC 1.15.1.1), süperoksit radikalinin detoksifikasyonundan sorumlu enzimdir. Gossett ve ark. (1994)'nın deyimiyle SOD, süperoksitin (O_2^-) en önemli öğütücüsüdür ve bu enzimatik aktivite, H_2O_2 oluşumuyla sonuçlanır. Askorbat peroksidaz (APX) (EC 1.11.1.11) ve glutatyon redüktaz (GR) (EC 1.6.4.2) enzimleri ise, beraberce hidrojen peroksidin detoksifikasyonunda belirleyici rol oynamaktadır (Cakmak ve Marsehner, 1992; Cakmak, 1994).

Tuz stresine maruz kalmış bitkilerde verim düşüklüğü her ne kadar ortamda bulunan sodyum (Na^+) ve benzeri katyonların direkt toksik etkisine bağlı ise de, diğer bir nedeni de iyon dengesindeki bozulmadır. Tuz stresinde yüksek seviyelere ulaşan Na^+ ve Cl^- , K^+ , Ca^{+2} , alınımını azaltarak bitkilerin iyon dengesinin bozulmasına sebep olabilmektedir (Güneş ve ark.,1994; İnal ve ark., 1995). Bitkinin yaprağında bulunan K^+ miktarı ile tuzlu şartlarda bitkinin direncindeki artış arasında pozitif bir etki vardır ve yüksek K^+/Na^+ oranı tuza karşı doğru orantılıdır (Sherif ve ark., 1998). Potasyum veya kalsiyum eksikliğinde oluşan durum, bitkide ozmoregülasyonu bozulmakta ve enzim aktivasyonu engellenmekte, metabolizma olumsuz etkilenmektedir. Böyle bir durumda dışarıdan potasyum takviyesi yapılmalıdır. Bu şekilde bitkinin stresten etkilenmesi azalmaktadır (Kaya ve Tuna, 2006).

Bu çalışmanın amacı tuz stresi uygulanmış biber bitkilerinde dışarıdan farklı dozlarda K^+ uygulanarak tuz stresinin olumsuz etkisinin ortadan kaldırılabilirliği yada K^+ un stresi azaltıcı etkisinin olup olmayacağını anlamaya çalışmaktır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Stres bitkisel üretimde, abiyotik (düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksikliği veya fazlalıkları, hava kirliliği, ağır metaller, kuraklık, tuzluluk ve radyasyon gibi) ve biyotik (virüs, bakteri, hastalık oluşturan mantar vb. ve zararlılar) kökenli etmenler nedeniyle bitkinin büyümesine, gelişmesine ve bunlara bağlı olarak verimde azalmalara neden olabilir (Yaşar, 2003).

Doğal ve kültür formlu bitkiler yaşamları boyunca çeşitli stres faktörleri etkisi altında kalabilirler. Tuzluluk ürün verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkileyen önemli sorunlardandır. Tuzluktan etkilenen alanlar, dünyada ve ülkemizde sürekli artış göstermektedir. Dünya genelinde, sulanan alanların üçte birinde tuzluluk sorunu vardır (Shannon,1984). Birleşmiş Milletler Çevre Programının (UNEP) tahminlerine göre, dünyada bulunan verimli toprakların yaklaşık olarak % 50'si ile tarım yapılan topraklarda ise %20'si tuzluluk sorunu ile karşı karşıyadır (Flowers ve Yeo, 1995).

Tuzlu şartlarda toprak çözeltisinin ozmotik potansiyeli düşmesiyle birlikte su potansiyelinde de azalma meydana gelir buda bitkinin su alımını azalmaktadır. Tuz stresine maruz kalmış bitkilerde verimdeki düşüş her ne kadar ortamda bulunan sodyum (Na^+) ve benzeri katyonların direk toksin etkisine bağlı ise de, diğer bir nedeni de iyon dengesindeki bozulmadır. Tuz stresi yüksek seviyelere ulaşmış topraklarda (Na^+), (Cl^-), (K^+), (Ca^{+2}) ve (N^{3-}) alımını azaltarak bitkilerin iyon dengesinin bozulmasına neden olabilmektedir (İnal ve ark., 1995; Güneş ve ark., 1994).

Tuz stresi etkisinde bulunan topraklarda yetişen bitkilerde büyüme ve gelişme, protein sentezi, fotosentez enerji ve lipid metabolizması etkilenir. Tuz stresi ilk olarak yapraklarda yüzey alanının büyümesinde azalma meydana gelmesiyle kendinin gösterir (Üzal, 2009). Hücre büyümesi için gerekli olan karbonhidratlar fotosentez esnasında sağlanır. Bitki tuz stresi altındayken fotosentez metabolizması genelde olumsuz etkilenir. Bitki tuz stresini yenmek için moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirmiştir. Bu mekanizmalar kabul etmeme, kökler tarafından iyon alımını kontrolü ve yapraklara taşınması, uyumlu bileşiklerin sentezi, hücre ve tüm bitki düzeyinde iyonların belli bölgelerde tutulması membran yapısında değişme, antioksidan enzimlerin indüklenmesinin ve bitki hormonlarının indüksiyonunu içerir (Sharma, 1990; Bohnert, 1998; Yaşar, 2003; Parida ve Das, 2005; Yasar ve ark., 2006a).

Tuz stresi altındaki bitkilerde stomalar kapanır, yaprak alanları da küçülerek bitkinin yaprağındaki terleme azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu şekilde bitki, su kaybını en aza indirir. Yaprak alanının daralmasıyla birlikte CO₂ fiksasyonu da azalmaktadır. Bütün bunlara, yükselen respirasyon eşlik eder. Yaşamını sürdürmek için büyük enerji harcayan bitki, fotosentez işlevini tam olarak yerine getiremediği için büyüme ve gelişme geriler. Tuz stresi altında bitkiler net CO₂ fiksasyonunun azalması; su noksanlığı, stomaların kapanışı, apoplastta tuzun birikmesi ve mezofil hücrelerinin turgoru kaybetmesi veya tuz iyonlarının doğrudan toksisitesi nedeniyledir (Karanlık, 2001).

Salin, (1987); Streb ve Feirabend, (1996) tuz stresi altındaki bitkilerde hücre büyüme, gelişme ve bölünmesindeki yavaşlamanın, sitokinin miktarının azalması ile ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Stres faktörlerinin neden olduğu oksidatif zararlanmanın en çok etkilendiği kısımlardan biriside hücre zarıdır. Oksidatif zararlanmanın sonucunda hücre zarında bulunun lipid peroksidasyonu meydana gelir ve sonuçta zarın geçirgenliği bozularak hücre sıvısının hücre içinde tutulamaması ile birlikte bitkide ölüm gerçekleşmeye başlar. Lipid peroksidasyonu, malondialdehit (MDA) yardımıyla ölçülebilmekte; ürün hücre zarı hasara uğradığında açığa çıktığından; yüksek miktarda bulunması hücre zarının tahrip olduğunu, düşük miktarda bulunması ise hücre zarı yapısının bozulmadığını veya az seviyede etkilendiğini göstermektedir. (Yaşar, 2003; Yaşar, 2007; Yaşar ve ark., 2007b; Yaşar ve ark., 2008a). Nitekim Yasar ve ark., (2016)' nın tuz stresindeki farklı 7 bezelye genotipinin malondialdehit (MDA) içeriklerinde araştırmaları sonucunda tuza hassas olan bezelye genotiplerinde MDA miktarında artış olduğu gözlenmiş olup, tuza dayanıklı bezelye genotiplerinde ise MDA miktarında düşüşlerin meydana geldiğini bildirmektedirler.

Brugnoli ve Lauteri, (1991); Makela ve ark., (1999), tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, kuraklık ve mineral element eksikliğinden kaynaklanan stres faktörlerinde olduğu gibi bitkilerde karbon metabolizmasını ve elektron taşınım aktivitesini engellemektedir.

Tuzlu topraklarda, bitki transpirasyonunu ve solunumu yanında, su alımını, kök gelişimini azaltmaktadır. Bunun sonucunda bitkide hormonal bozukluklar meydana gelmekle birlikte yıkımlar başlar, fotosentez işlevinde azalma, nitrat alımının düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekle birlikte bitki boyu kısalmaktadır. Bu

durumda çiçek sayısı ve meyve kalitesi azalmakta verimin düşmesine neden olmaktadır. (Bernstein, 1967; Sharma, 1980; Robinson ve ark., 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

Tuz alımı diğer mineral maddelerin alımı ile rekabet halinde olan bitkilerde beslenme noksanlığına sebep olmaktadır (Levitt, 1980). Tuz stresi bütün bitkilerin gelişmesini etkilemekle birlikte çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik bozulmalara neden olmaktadır. Tuz stresinin bitki gelişmesine olan olumsuz etkileri toprak çözeltisinin ozmotik basıncını artırarak toprak suyunun bitkilere yarıyışlılığını azaltması, toprak çözeltisinde tuzun kökleri aracılığı ile bitkiye geçmesi ve bitki bünyesinde çeşitli tuzların yüksek miktarlarda birikmesi şeklinde olmaktadır (Ayyıldız, 1990; Yurtseven ve Öztürk, 2001).

Bitkilerde tuz zararı kendini farklı şekilde gösterebilmektedir. Tuzluluk, bitkinin anatomisini ve morfolojisini kapsayan bütün metabolizmayı etkileyen faktördür (Levitt, 1980). Yapılan çalışmalarda bitkilerin tuzluluğa karşı verdiği tepkilerin dayanım mekanizmalarının aydınlatılmasında etkili olmakla birlikte bitkilerin tuzluluğa karşı nasıl bir mekanizma çalıştırdığı tam olarak açıklık kazanmamıştır.

Bitkinin gelişme ortamında tuz konsantrasyonu artmasıyla metabolik elektron taşınımını bozarak serbest radikal kapsamında artışa sebep olmaktadır. Radikaller, başta lipitler olmak üzere proteinler ve nükleik asitler gibi makro ve mikro moleküllere zarar vermektedir. Bunun sonucunda, hücre serbest radikallerin detoksifikasyonu yaşamsal önem arz eder. Birçok farklı çalışmada elde edilen veriler, abiyotik strese maruz kalmış bitkilerin tuz zararından sakınmak için (ilgili stres türüne dirençli veya hassas olmalarına bağlı olmak ile birlikte) SOD, CAT, POX ve benzer antioksidan enzim aktivitelerini yükselttiklerini ve hücre zarar kaynağı olan serbest radikalleri inaktif hale getirdiklerini bildirmişlerdir (Yaşar ve ark., 2006a, 2008b; Aydemir ve Erez, 2010; Yıldız ve ark., 2010).

Turhan ve ark., (2006), tuz stresine bağlı olarak ayçiçeğinde klorofilin olumsuz yönde etkilendiği ve buna bağlı olarak Normal Difference Vegetation Index (NDVI) değerlerinin düştüğünü tespit etmişlerdir.

Tuz stresinin olumsuz etkisinin giderilmesi için izlenecek iki temel yol vardır. Bunlardan birincisi, tuzlu toprakların iyileştirilmesi, ikincisi ise yetiştirilecek olan bitkinin tuza karşı toleranslı tür ve çeşitlerin belirlenmesidir. Tuzluluğun az olduğu alanlarda toleranslı tür ve çeşitlerin yetiştirilmesi bu alanları değerlendirmenin en kolay

yoludur. Tuza tolerans yönünde türler arasında veya aynı türlere ait çeşitler arasında önemli genotipik farklılıklar vardır (Sajyad, 1986; Suhayda ve ark., 1992).

Bitkilerin içerdiği bitki türü, aldığı ışık ve azot miktarı, uygulanan tarımsal işlemler ve toprak yapısı, klorofiller ve karotenoidler bitkilerin genotipleri ve meyvelerin olgunluklarıyla paralellik göstermektedir. Tuzluluk bu bileşikleri olumsuz yönde etkilemekle birlikte pigment kayıplarına yol açmaktadır (Mını ve Wahab, 2002). Fasulyede yapılan çalışmada ise tuz stresine hassas olan 4F-89 çeşit fasulye genotipinin içeriğinin düştüğü, tuza dayanıklı olan GS57 çeşidi fasulye genotipinin ise değişmediği belirlenmiştir (Yasar ve ark., 2007a).

Shannon ve Grieve, (1999)'e göre tuzluluğun bütün etkileri olumsuz değildir. Tuzluluğun kalite ve hastalıklara dirençte, olumlu etkileri de vardır. Ispanakta düşükten orta dereceye kadar olan tuzlulukta üründe artış olduğu görülmektedir. Havuçta şeker oranı artmakla birlikte patatesten ise tuzlulukta nişasta miktarını azaltmaktadır. Lahanada ise düşük tuzlulukta başları daha sıkı olmakta, tuz yoğunluğu arttırıldıkça kerevizin kolayca etkilendiği ve iç kararmasına karşı çok daha dirençli olduğu rapor edilmiştir.

Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde artan tuz vejetatif büyümeyi etkileyerek azalttığı ve yapraklarda yanıklıkların arttığını belirlemiştir (Khanouja ve ark., 1980).

Birçok bitki türünde, bitkilere uygulanan yüksek NaCl konsantrasyonu ile bitkinin klor akümülyasyonunda artış gözlemlenmiştir. Tuz stresi altındaki asma sürgünlerinde uzamanın azaldığı limonlarda klorofil miktarında kayıpların olduğu (Nieves ve ark., 1991) portakallarda ise fotosentez miktarı ve stoma iletkenliğindeki azalmalar (Banuls ve Primo-Milo, 1992); aşırı klorür birikimi sonucu ortaya çıkan olumsuzluklar olarak yorumlanmıştır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tuzlu toprakların giderek artmasıyla birlikte bütün bitkilerde olduğu gibi biber bitkisinin üretimini tehlikeye sokmaktadır. Biberin kültürü yapılan beş türü (*Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum*, *C. pubescens*) olup, bunlar içerisinde sadece *C. annuum* türü ekonomik anlamda yetiştirilmektedir (Wien, 1997).

Kreji (1999), biber bitkisinde yapmış olduğu çalışmada ortamda bulunan tuz konsantrasyonunun artmasıyla birlikte bitkinin almış olduğu kalsiyum miktarında düşmeler, verimde azalmalar ve çiçeğinde çürüklükler başladığı belirlemiştir. Ve yine Kaya ve Higss, (2003)'nin biber bitkisi kullanılarak yaptıkları çalışmada tuz stresi

altında bulunan bibere dışarıdan uygulanan KNO_3 bileşiğinin, yaprak ve köklerde K^+ ve klorofil içeriğini arttırdığını, stres parametrelerini hafiflettiğini özellikle kalsiyum ve potasyum biber bitkisini tuz stresinden bir ölçüde koruduğu ve stresten etkilenme derecesini azalttığını saptamışlardır.

Chartzoulakis ve Klapaki (2000), yaptıkları çalışmada biber bitkisi tohumlarını petri kaplarında, farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 10, 25, 50, 100 ve 150 mM NaCl) çimlendirmişlerdir. Çimlenmekte olan biber bitkileri torf ortamına alınarak 17 gün boyunca normal çeşme suyu ile sulayarak büyütmüşlerdir, daha sonra bu bitkileri 1/3 oranında kum/perlit karışımına aktararak biber bitkisinin gelişimini incelemişlerdir. Deneme sonucunda 50 mM tuz uygulanan biber bitkisinde çimlenmenin geciktiği fakat çimlenme yüzdesine bir etkinin olmadığı görülmüştür. Diğer uygulamalarda 100 ve 150 mM tuz uygulamalarının ise hem çimlenmenin geciktiği hem de fide gelişmesi olumsuz etkilendiği ve 150 mM tuz konsantrasyonundaki bitkiler de meyve sayısı ve ağırlığında ciddi azalmalar olduğu (Emerman ve Dawson, 1996; Cornillon ve Palloix, 1997) tespit edilmiştir.

Aktaş (2002), tuz stresinde farklı biber genotiplerinin tolerans durumlarının belirlenmesinde bitkinin aldığı " Na^+ " konsantrasyonunun önemli olduğunu tespit etmiştir. Dayanıklı biber genotiplerin Na^+ yerine K^+ 'u tercih ettiklerini bu şekilde bitkilerin kendini tuz stresine karşı korudukları söylemektedir. Tuz stresi ile çeşitli K^+ taşıyıcı genlerin transkript seviyeleri yükselmekte veya azalmaktadır. Tuz stresi altında bulunan bitki K^+ alınımlı muhafaza etmek için bitkilerin farklı kapasiteleri olduğu tahmin edilmektedir (Zhu, 2003).

Çukurova Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmada farklı biber tür ve çeşitlerinde (toplam 102 genotip) tuza toleransın belirlenmesi için değişik parametreler incelenmiştir. NaCl tuzluluğundan kaynaklanan yapraklardaki toksisite semptomlarının yapraklardaki Na^+ ve K^+/Na^+ konsantrasyonları ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur (Aktaş, 2002).

Yaşar ve ark., (2006 c) tuz stresi altında bulunan patlıcan, iki hassas ve iki tolerant çeşitleri kullanılan çalışmada hassas olan genotiplerin Na^+ ve Cl^- iyonu birikmesi daha yüksek olduğu tespit edilmiş, bu genotiplerin K^+ ve Ca^{+2} miktarlarında düşüşlerin olduğunu bildirmişlerdir. Buna benzer sonuçlar aynı şekilde Yaşar ve ark.,

(2006a; 2013), Üzal, (2009), Üzal ve Yıldız , (2014)', ın yaptıkları çalışmalardan da alınmıştır.

Villora ve ark., (2000) Fe^{+2} , Mn^{+} , Zn^{+2} ve Cu^{+2} elementlerinin alımının tuz stresi altında arttığını bildirmiştir. Tuz etkisiyle birlikte fasulye bitkisinde bulunan besin elementlerinden Cl^{-} ve Mn^{+2} köklerde, Cl^{-} , Fe^{+2} ve Mn^{+} yapraklarda, Cl^{-} ve Fe^{+2} meyvelerde yüksek miktarlarda bulunmuştur.

Yurtseven (2000), patlıcan (*Solanum melongena*) bitkisinde tuzluluk bitkinin su alımını olumsuz yönde etkilediğinin belirlemiştir. Bitkinin su alımındaki azalma olasılıkla toprak ortamındaki çözelti konsantrasyonunun sulama suyu ile iletilen tuzlar nedeniyle ozmotik basıncın yükselmesi ile birlikte bitkinin su alımını zorlaşmasından kaynaklanmıştır.

Zeytin tuza semitolerant bir bitkidir (Hartmann ve ark., 1966; Maas, 1986) ve zeytin genellikle su stresinin tarımsal olarak temel sınırlayıcı faktör olan alanlarda yetiştirilir (Tattini ve ark., 1994). Bununla birlikte tuza tolerans açısından çeşitlerin davranışları değişkenlik göstermektedir (El Gassar ve ark., 1979; Therios ve Misopolinos, 1988; Tattini ve ark., 1992; Tattini ve ark., 1997; Demiral, 2004.). Bu özellik ise henüz tam olarak araştırılmamıştır (Tattini ve ark., 1994). Özellikle çok yıllık olanlarda (turuncgiller ve asma gibi) Na^{+} kalın köklerde ve gövdede tutulmakta, Cl^{-} ise gövde de birikerek genellikle fotosentezi engelleyerek bitkiye zarar vermektedir (Flowers, 1988).

Mısır bitkisinde tuz stresi altında, bitki boyu, nispi su içeriği ile toplam yaş ve kuru ağırlıklarda azalma görülürken, prolin, Na^{+} ve Na^{+}/K^{+} oranlarında artma rapor etmiştir (Çiçek ve Çakırlar, 2002).

Yakit ve Tuna (2006), mısır bitkisinde tuz stresinin yaprak oransal su içeriğine negatif etkisini Ca^{+2} , Mg^{+} ve K^{+} uygulamaları ile giderildiğini belirtmişlerdir. Bu yapılan çalışma sonucunda bitkilerde tuz miktarı su içeriğine karşı negatif etkisini potasyum uygulayarak dengeleyebileceği söylenebilir.

Mısır bitkisinde erken döneminde uygulanan tuz ve potasyum düzeylerinin biyokütle verimine, agronomik özelliklere, yaprak su göstergelerine ve spektral indekslere etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, potasyum uygulamasının belli bir seviyeye kadar biyokütle değerini arttırdığı, söz konusu sınır değerinden sonra biyokütle verimini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Ayrıca, bitkiye yeterli potasyum

seviyesi uygulanması durumunda bitki boyu, çapı ve gövdesi gibi agronomik özelliklerin etkilenmediği görülmüştür. Yaprak su göstergelerinin tuz miktarına bağlı olarak azaldığı ancak belirli bir değerden sonra tekrar arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada incelenen spektral indekslerden Photochemical Reflectance Index (PRI) indeksi ile yaprak su göstergeleri arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu ve PRI spektral indeksin mısır bitkisinin erken döneminde stresin belirlenmesinde kullanılabilecek potansiyelde olduğu görülmüştür (Demiral ve ark., 2014).

Tuzlu toprak koşullarda bitki potasyum alımı da, su stresi ve su yetersizliği nedeniyle azaldığından, alternatif beslenmede potasyum önemli rol almaktadır (Kemmler ve Kraus, 1971).

Bitkilerde potasyum noksanlığı gösteren Reaktif oksijen türleri (ROS) yıkıcı enzimlerin miktarları azalmaktadır. Potasyum çevresel stres altında bulunan bitkilerde koruyucu rol oynar. Çevresel stres koşulları altında, oksidatif zarara karşı kloroplastların korunmasında potasyum önemli rol oynar. Oksidatif zarar, potasyum noksanlığı gözlenen bitkilerde, kloroplast hasarı yanında kloroz ve nekrozdan sorumlu ana faktördür (Cakmak, 1997).

Bitki yapraklarında bulunan potasyum miktarı ile tuzlu şartlarda bitkinin direncindeki artış arasında pozitif bir ilişki vardır ve yüksek K^+/Na^+ oranları tuza dayanıklılıkla doğru orantılıdır (Sherif ve ark., 1998).

Potasyum bitki gelişimi üzerine kök gelişimi ve büyümesini olumlu bir şekilde etkiler potasyum genel olarak kök gelişimi hızlandırır, yan kök oluşumunu teşvik eder. Bitkide yeteri kadar potasyum bulundurması durumunda fazla dallanmış kök oluşumu gerçekleşir. Kökte büyüme, kök çapında genişleme, kök uzunluğu artar. Potasyum eksikliğinde ise kök çapı genişlemesi yüzeysel olur ve yan kök oluşumu azalır. Bitkiler yeteri kadar potasyum alamadıkları zaman çoğunlukla azot miktarı yüksek ve karbonhidrat miktarı düşüktür. Bunun sonucunda kök gelişmesi ve büyümesi olumsuz şekilde etkilenir (Kacar, 2005).

Bitkilerde tuz stresi durumunda ve potasyum düzeylerine bağlı olarak yapraklarda meydana gelen değişimler bitkilerin yansıma özelliklerini de değiştirmektedir. Buna bağlı olarak bitkilerde tuz stresi veya K^+ eksikliği uzaktan algılama teknolojisiyle belirlenebilmektedir (Luna ve ark., 2000)

Bitkilerin topraktan aldıkları K^+ formundaki potasyum bitkilerde metabolik, fizyolojik ve biyokimyasal işlevlere sahip bir makro besin elementidir. Potasyum bitki besin elementlerinin ve fotosentez ürünlerinin taşınmalarına yardım eder, protein kapsamını artırır, turgoru ve bitki su tüketimini dengeler. Potasyum ayrıca hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırır (Kacar, 2005). Litifi ve ark., (1992) tarafından yapılan çalışmada bitkilerin tuza toleransını etkileyen faktörlerin araştırıldığı bir çalışmada bitkilerin tuza toleransının Na alımındaki sınırlandırma ile ilişkili olduğu ve bu sınırlandırmada potasyumun önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Özcan ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada ise tuz stresi altında bulunan bitkilerin prolin ve Na^+ konsantrasyonları artarken, K^+ kapsamalarının azaldığını bildirmişlerdir.

Beringer ve Trollenier (1978), fasulye bitkisinde, Anaç ve ark., (1998) mandarinde, Bohra ve Doerffling, (1993) çeltikte, Kaya ve ark.,(2001) ıspanakta, Kaya ve Higgs, (2003) biberde, yaptıkları çalışmalarda, potasyum uygulamalarının tuz stresini iyileştirici yönde etki yaptığını belirtmişlerdir.

Bitkilerde tuza toleransının belirlenmesinde iyon regülasyonu önemli bir yer tutar. Bitki genotiplerinin tuz koşullarında düşük Na^+ ve Cl^- alımı sırasında daha yüksek oranlarda K^+ ve Ca^{+2} seviyelerinin oluşturulması toleransın anahtar mekanizmalarını oluşturmaktadır. Tuz stresine toleransı olan bitkiler dokuları genel olarak daha yüksek K^+/Na^+ oranını oluşturma kabiliyetine sahiptirler. Bitkilerde tuz stresine toleransını belirlemek için yapılan birçok çalışmalar (patlıcan, fasulye, kavun, domates ve biber), farklı bitki organlarında K^+/Na^+ ve Ca^{+2}/Na^+ oranları ile dokulardaki Na^+ konsantrasyonlarının belirlenmesi önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (Marschner, 1995; Daşgan ve ark., 2002; Yaşar, 2003; Zeng ve ark., 2003; Aktaş ve ark., 2006; Kuşvuran ve ark., 2007; Daşgan ve Koç, 2009).

Bitkilerde su stresinde osmoregülasyon eksikliği nedeniyle metabolik faaliyetlerdeki yavaşlamaya bağlı olarak verimde de düşüşlerin olduğu gözlenmektedir. Su stresi altında bulunan arpa bitkisine K^+ sağlanmasına bitkinin verimsel olarak nasıl bir etki sağladığı araştırılmış olup K^+ 'un su stresi şartlarında arpanın dane verimini artırdığı rapor edilmiştir. Tam sulanan bitkilerde bile en düşük K^+ dozlarında verimi %20 azalmıştır. Artan potasyum uygulamalarında ise bitki su kullanma etkinliğinin de artış göstermiştir (Jensen ve Tophoj, 1985).

Bitkiler geliştikleri ortamdan potasyumu K^+ katyonu şeklinde alır. Potasyum alımı azot (N^{-3}) dışında öteki besin elementlerinden daha fazladır. Hızlı ve fazla miktarda potasyum alımı bitki membranlarının potasyumu daha fazla geçirmesindedir. Bu durum bitki membranlarında yüksek miktarda iyonofor bulunması ile açıklanmaktadır (Kacar ve ark., 2002). Bitki tarafından alınan potasyum; azot (N^{-3}), fosfor (P^{-3}) ve öteki çoğu besin elementlerinden farklı olarak bitkide hiç bir kimyasal bileşime girmez ve organik şekilde bağlanmaz. Bu nedenle gelişme mevsimi sonunda potasyum bitkiden yitebileceği gibi az da olsa köklerden potasyum toprağa aktarılır (Forth ve Ellis, 1988).

Kaya ve ark., (2001) tuz stresi altında bulunan ıspanak bitkisine potasyum kaynağı olan KH_2PO_4 uygulamışlar ve elde ettikleri verilere göre, yaprakların K^+ kapsamlarının arttığını, buna bağlı olarak da ıspanak bitkisinin nispi su içeriği, kuru madde oranı membran geçirgenliği ve klorofilde iyileşmelerin olduğunu bildirmişlerdir.

Farklı tuz uygulamalarına maruz bırakılan mandarin ağaçlarına ertigasyon ile uygulanan farklı potasyum seviyelerinin etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda K^+ uygulamaları ile bitki su potansiyeli, relativ turgidite, stoma yoğunluğu ve net CO_2 asimilasyonu parametreleri arasındaki ilişki test edilmiş, K^+ oranları arttırıldıkça su potansiyeli düşerken relativ turgidite değişmemiş, stoma yoğunluğu ve net CO_2 asimilasyonu yükselmiştir (Anaç ve ark., 1998).

Narenciyede potasyum, meyvelerin şekline, görünümüne, meyve rengine ve tadına olumlu etki yaparak kaliteyi artırır (Kacar, 2005).

Üzümde yeterli miktarda potasyum gübresi uygulandığında standart şekilde gelişir, salkımlarda küçülme ve büzülme az olur. Olgunlaşma standart bir şekilde gerçekleşir (Kacar, 2005).

Muz ürün miktarı ve kalitesi üzerine önemli bir etkisi vardır. Uygulamış potasyum, meyve ağırlığını artırırken salkımlarda da meyve sayısının artmasında da etki yapar. Meyvenin daha erken olgunlaşmasına ve pazarlanmasına neden olur. Potasyum aynı zamanda depolama özelliğini de artırır oluşacak kaybı en aza indirir (Kacar, 2005).

Genç çay bitkisinin gelişmesinde ve sağlıklı ocakların oluşmasında potasyum önemli bir yere sahiptir. Potasyum uygulanan çaylıklarda hasada uygun filiz oluşumu sağlıklı ve hızlıdır. Yeterli potasyum içeren çay bahçelerinden toplanan yaş çay

yapraklarından üretilen siyah ve yeşil çayda randıman daha yüksek olduğu gibi aroma, renk yönünden de çaylar daha kalitelidir (Kacar, 2005).

Domateste potasyum noksanlığı yavaş ve bodur gelişmeye neden olarak, pazarlanabilir meyve yüzdesinde azalmaya sebep olur. Meyvenin olgunlaşmasında düzensizlikler görülebilir. Potasyum noksanlığı çeken bitkilerde gri küfe karşı daha hassastır. Yeterli potasyumla beslenen domateslerde likopen gibi karotenlerin daha çok sentezlenmesi nedeniyle meyvede kırmızı renk oluşumu artar. Ayrıca meyveleri genellikle daha yüksek toplam kuru madde, asit ve şeker içerdiği gibi uzun raf ömrüne de sahip olur (Usherwood, 1985).

Hıyarda potasyum noksanlığında ise öncelikle gelişme yavaşlar, bitki bodur gelişir, boğum araları kısalmır ve yapraklar küçülür. Meyve gelişimi düzensiz olur, meyvenin gövdeye yakın olan kısmında incelme olurken geri kalan kısmı ise normalden daha genişler. Potasyum noksan olan dokularda azot akümüle olur, mikroorganizmalar için yararlı azotun artması sonucu bitkinin hastalıklara yakalanma riski artmaktadır (Roorda van Eysinga ve Smilde 1981; Bennet, 1994). Potasyum noksanlığında meyve büyüklüğünde, verimde azalma ve erken ürün alınımı geç gerçekleşir. K^+ alımı; ışık yoğunluğu hava sıcaklığı ve su kullanımı ile doğrudan ilişkilidir (Winsor ve Adams, 1987).

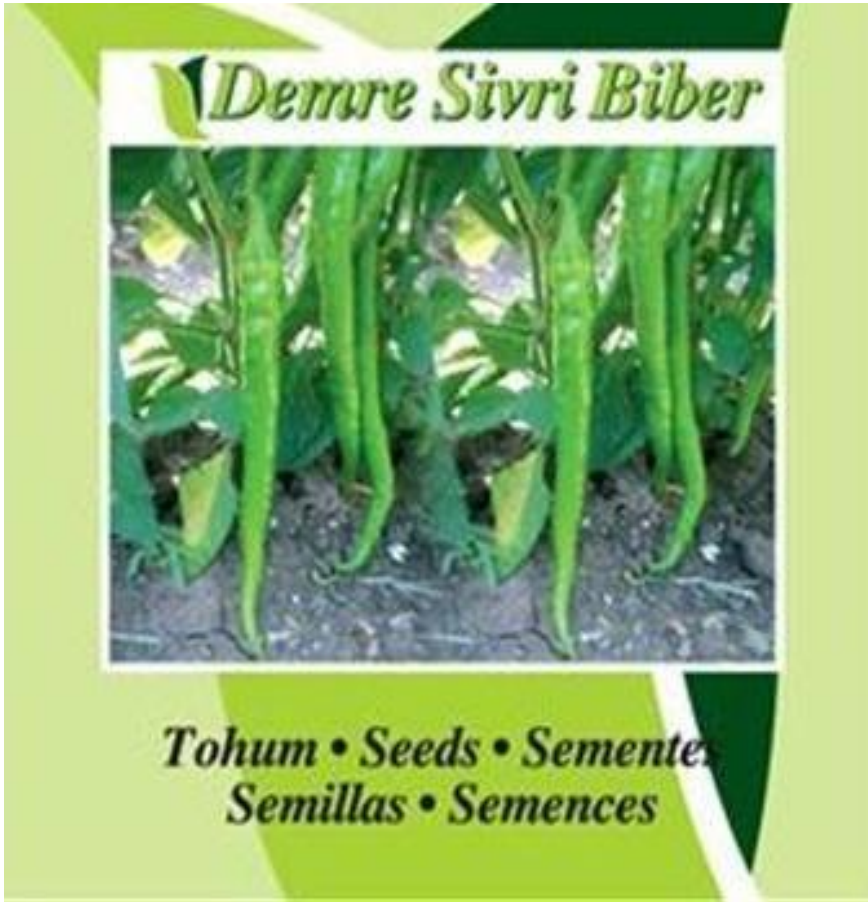
Biberde potasyum yeterli miktarda alınmasıyla birlikte verim, meyve sayısı, meyve ağırlığı ve et kalınlığında artış sağlanmaktadır (Pimpini, 1967).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Fizyoloji laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada, materyal olarak Demre sivri biber çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Demre sivri biber çeşidine ait tohum resmi.



Şekil 3.2. Demre sivri biber tohumlarının çimlenmesi için hazırlanan pomza.



Şekil 3.3. Demre sivri biberin çimlenme aşaması.



Şekil 3.4. Bitkilerin plastik küvetlere yerleştirme aşaması.



Şekil 3.5. Su kültürüne alma ve havalandırma takma aşaması.



Şekil 3. 6. Çalışmadaki bitkilerin genel durumları.

3.2. Yöntem

Deneme, normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında ve su kültüründe yapılmıştır.

Bu amaçla, biber tohumları, elekten geçirilen küçük taneli ponza ile doldurulmuş 40x25x5 cm köpüklü çimlendirme kaplarına ekilmiştir. Musluk suyu ile sulanmıştır. Köpüklü çimlendirme kaplarının her birine 0,5 cm çapında toplam 6 adet üç kapta toplamda 18 deliğe sahip olup, sulama suyunun drenesi sağlanmıştır. Sulama suyunun fazlası süzöldükten sonra köpüklü çimlendirme kapları, 25 ± 2 °C sıcaklık %70-80 neme sahip iklim odasına yerleştirilmiş, üzerleri A4 kâğıtlarıyla örtölüp düzenli olarak her gün kontrol edilmiş ve ponza nemini muhafaza edecek şekilde sulanmaya devam edilmiştir. Kotiledon yaprakları yatay duruma gelen ve ilk gerçek yaprakları görülmeye başlayan fidelerde sulama fidelerin daha iyi gelişebilmesi için Hoagland besin çözeltisiyle yapılmaya başlanılmıştır. (Hoagland ve Arnon, 1938). Pomza ortamında 2. gerçek yaprakları da oluşan fideler, içinde Hoagland besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetlerde su kültürüne alınmıştır. Delik açılmış plastik tablalara biber fideleri küçük sünger 9x2 cm parçaları ile sarılmak suretiyle yerleştirilmiştir. Bitki kökleri besin çözeltisinde olacak şekilde tablalar küvetlerin üzerine konulmuştur. Havalandırma işlemi, akvaryum hava pompasına bağlı bulunan ince plastik hortumların besin çözeltisi içerisine daldırılması yoluyla yapılmıştır. Fidler 14 gün boyunca su kültüründe büyütülerek 4-5 gerçek yaprağa sahip olan fidelerde uygulamalara başlanılmıştır. Tuz uygulanacak fideler için Hoagland besin çözeltisine 100 mM tuz konsantrasyonunu sağlayacak NaCl ilave edilmiştir. Her hafta yinelenen çözeltilerin tazelenmesi aşamasında, tuz uygulamalarının aynı konsantrasyonda devamı sağlanılmıştır. Tuz uygulamasıyla birlikte Hoagland besin çözeltisine ek olarak farklı dozlarda K^+ uygulaması yapılmıştır. Normal Hoagland besin çözeltisinde kullandığımız K^+ miktarı 136 ppm dir. Ancak biz uygulamamızda 20 ppm daha düşük dozdan başlatarak, Kontrol=136 ppm, K1=116 ppm, K2=136 ppm, K3=156 PPM, K4=176 ppm olarak uygulama yapılmıştır. Besin çözeltisindeki tüm besin elementlerin ppm değerleri Çizelge 3.1. de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan besin solüsyonu içerikleri (ppm)

Elementler	Uyg. 1 Kontrol (ppm)	Uyg.2 K1+Tuz (ppm)	Uyg.3 K2+Tuz (ppm)	Uyg.4 K3+Tuz (ppm)	Uyg.5 K4+Tuz (ppm)
Azot (N)	186	186	186	186	186
Fosfor(P)	31	31	31	31	31
Potasyum(K)	136	116	136	156	176
Magnezyum(Mg)	49.28	49.28	49.28	49.28	49.28
Kalsiyum(Ca)	200	200	200	200	200
Kükürt(S)	66	66	66	66	66
Demir(Fe)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Mangan(Mn)	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
Bor(B)	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Bakır(Cu)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Çinko(Zn)	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

Kullanılan besin çözeltisi Hoagland ve Arnon, (1938).’a göre hazırlanmıştır.

Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, tuz uygulamasının 20. gününde yapılmıştır. Alınan bu örneklerde, temel bazı büyüme parametreleri (yaprak sayısı (adet), yaprak ağırlığı (g), kök ağırlığı (g), gövde ağırlığı (g), bitki boyu (cm) ve boğum araları mesafe (cm)), tuza dayanım skalası, bazı biyokimyasal parametreler (klorofil, MDA (Malondialdehit), Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Cl^- , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^+ ve Mg^+ içerikleri, Antioksidatif enzim aktiviteleri (Katalaz, Askorbat Peroksidaz, Süperoksit dismutaz) belirlenmiştir.

3.2.1. Temel bazı büyüme parametrelerinin belirlenmesi

Yaprak ağırlığı, gövde ağırlığı ve kök ağırlığının belirlenmesi 4 tekerrürlü olarak 1/10.000 lik hassas dijital terazi ile tartılmıştır. Bitkinin boyu, Boğum arası mesafe, Kök uzunluğu, Cetvel ile cm olarak ölçülmüştür. Yaprak adet sayısı olarak verilmiştir.

3.2.2. 1-5 Skalası ile Değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek için bir skala oluşturulmuştur. Bunun için zararlanma derecesine göre bitkilere 1-5 arasında puan verilmiştir.

Tuz stresi denemesinde biber bitkilerine aşağıda belirtilen semptomlara göre 1'den 5'e kadar puan verilmiştir (Üzal, 2009).

- 1:Bitkilerin tuz stresinden hiç etkilenmemesi (kontrol bitkileri)
- 2: kontrole göre bitkilerin daha az gelişmesi
- 3:Yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma
- 4:Yapraklarda sararma ve % 25 oranında nekrotik lekelenmeler
- 5:Yapraklarda % 50-75 oranında nekrotik leke göstermesi
- 6:Yapraklarda % 75-100 oranında şiddetli nekrozlar görülmesi

3.2.3. Mineral Element Analizleri

Bitkilerden örnekler alınarak -84°C 'deki derin dondurucuda saklanılmıştır. İyon analizleri için saklanan her bir yaprak, gövde ve kök örneğinden 150- 200 mg arası tartılarak, üzerine 10 ml 0,1 N HNO_3 (nitrik asit) ilave edilerek 7 gün boyunca kapalı plastik kutularda oda sıcaklığında ışık görmeyen bir ortamda bekletilen örnekler, 7 günün sonunda çalkalayıcı ile 1 (gün) çalkatılmıştır. Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^+ ve Mg^+ içerikleri ise, Kacar, (1994)'e göre Atomik Absorbsiyon cihazında okunmuştur. Cl^- iyonu ise gümüş iyonları ile kolorimetrik amperometrik titrasyon yoluyla analiz yapan otomatik bir kloridometre (Buchler – Cotlove chloridometer) yardımıyla ölçülmüştür. Bu ölçümler sonunda, yaş yaprak örneğindeki iyon miktarı $\mu\text{g}/\text{mg}$ taze ağırlık olarak belirlenmiştir (Taleisnik ve ark., 1997).



Şekil 3.7. İyon analizinde süzüklerin hazırlanması aşaması.

3.2.4. Klorofil Analizi

Bitkilerin en uç kısmından itibaren ilk dört yaprağı alınarak analiz yapılmaya kadar -84°C 'deki dondurucuda saklanmıştır. -84°C ' de donmuş olan yaprak örneklerinden 150-200 mg alınarak, %80'lik etanol içerisinde konularak 80°C 'deki su banyosunda 20 dakika süreyle bekletildikten sonra 654 nm 'de absorbans değerleri spektrofotometrik olarak okutulmuştur (Luna ve ark., 2000). Bu ölçümler sonunda, yaş yaprak örneğindeki toplam klorofil miktarı aşağıdaki formül kullanılarak $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A olarak belirlenmiştir:

$$\text{Toplam Klorofil} = A_{654} \times 1000 / 39.8 \times \text{Örnek miktarı.}$$



a)

b)

Şekil 3.8. Klorofil analizinde yapılan işlemler (a: Örneklerin %80'lik etanol içerisinde bekletilme aşaması, b:Sıcak su banyosunda bekletilme aşaması).



Şekil 3.9. Spektrofotometrede okumanın yapılması.

3.2.5. Lipid Peroksidasyonu

Hücre zarlarındaki tahribat sonucunda lipitlerin oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan bir ürün olan MDA miktarının belirlenmesi Lutts ve ark., (1996)'nın yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemde göre; bir önceki bölümde klorofil analizi için bitki örneği alınması ve derin dondurucuda saklanmasına kadar yapılan tüm işlemler aynen kullanılarak hazırlanmış yaprak örneklerinden, 150-200 mg tartılarak alınmıştır. (şekil 3.10) Bunun üzerine 5 ml % 0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ilave edilip, bu karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml. lik ekstraktan 3 ml süpernatant alınıp; bunun üzerine içinde %20 tiobarbitirik asit (TBA) bulunan 3 ml % 0,1'lik TCA ilave edilmiştir. Karışım 95°C'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilip, bunun ardından spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbans değerleri okunmuştur.



(1)

(2)

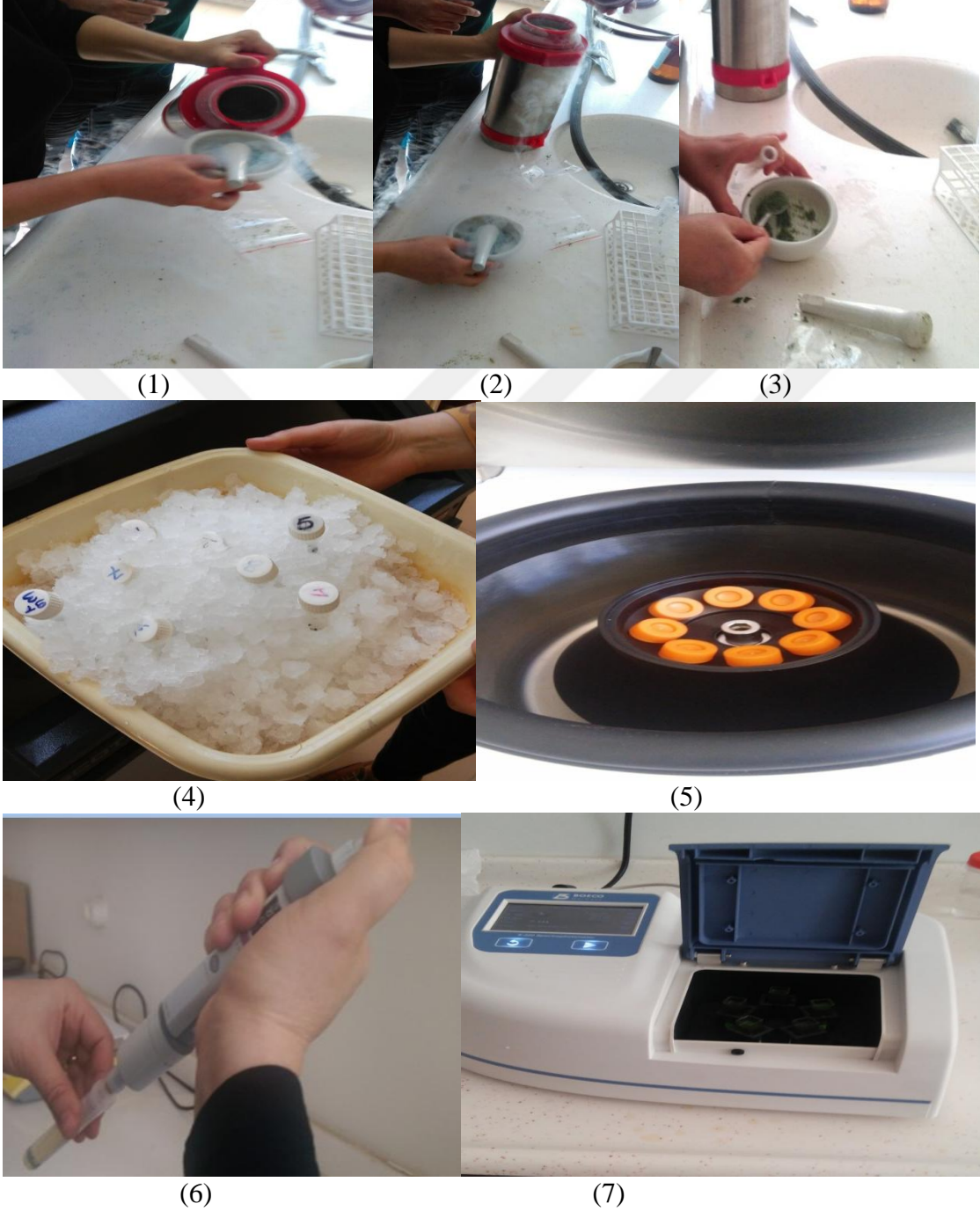
(3)

Şekil 3.10. Lipid peroksidasyonu işlemleri (1: alınan yaprak örneklerinin havanda ezilme aşaması, 2: yapılan ezilme işleminin tüplere alınması, 3: ezilen yaprakların tüplerde görünümü).

3.2.6. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri

Tuz stresi ile oluşan bitkilerde enzim aktivitelerindeki değişimi incelemek için 1 g taze ezilmemiş yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten

sonra, içine 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM, 10 ml. lik fosfat tampon çözeltisi (pH:7.6) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk 15000 g'da santrifüj edildikten sonra elde edilen santrifügantlar enzim analizlerinde kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizleri yapıma işlemleri (1,2: örneğin sıvı azotta öğütülme aşaması, 3: öğütülmüş örneği tüpe alınması, 4: örneğin süzülme ve kar içinde bekletilme, 5:santrifüj edilme aşaması, 6,7:spektrofotometrede okumanın yapılması)

Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapılıncaya kadar +4°C sıcaklıkta tutulmuş, ölçümler Analytic Jena 40 model spektrofotometrede yapılmıştır.

SOD aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında O_2 - tarafından indirgenmesi yöntemine göre, APX aktivitesi, 290 nm'de ($E=2.8 \text{ mM cm}^{-1}$) askorbatın oksidasyonu, GR aktivitesi, 340 nm'de ($E=6.2 \text{ mM cm}^{-1}$) NADPH' nin oksidasyonu, CAT, H_2O_2 ' nin 240nm'de ($E=39.4 \text{ mM cm}^{-1}$) parçalanma oranı ölçülerek yapılmıştır (Çakmak ve Marschner, 1992).

3.2.7. Değerlendirmelerin yapılması

Yapılan deneme şansa bağlı tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olup her tekerrürde 15 bitki olarak kurulmuştur. Bitki gelişim parametreleri ile biyokimyasal analizleri sonucu elde edilen verilerinin istatistik analizleri SAS Insite, (1985) paket programı kullanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi ($P<0.05$)'e göre yapılmıştır.

4. BULGULAR

Tuz stresi altında bulunan demre biber bitkisine potasyumun (K^+) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılan çalışmada, tuz uygulaması ile birlikte demre biber bitkisine farklı dozlarda potasyumlu bileşikler uygulanarak, tuza olan dayanıklılığını nasıl etkilediğini belirlemeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda alınan örneklerde, bitki gelişim, tuza dayanım, skala değerleri, MDA, klorofil, iyon ve enzim miktarları belirlenmiştir.

4.1. Bitki büyüme parametreleri

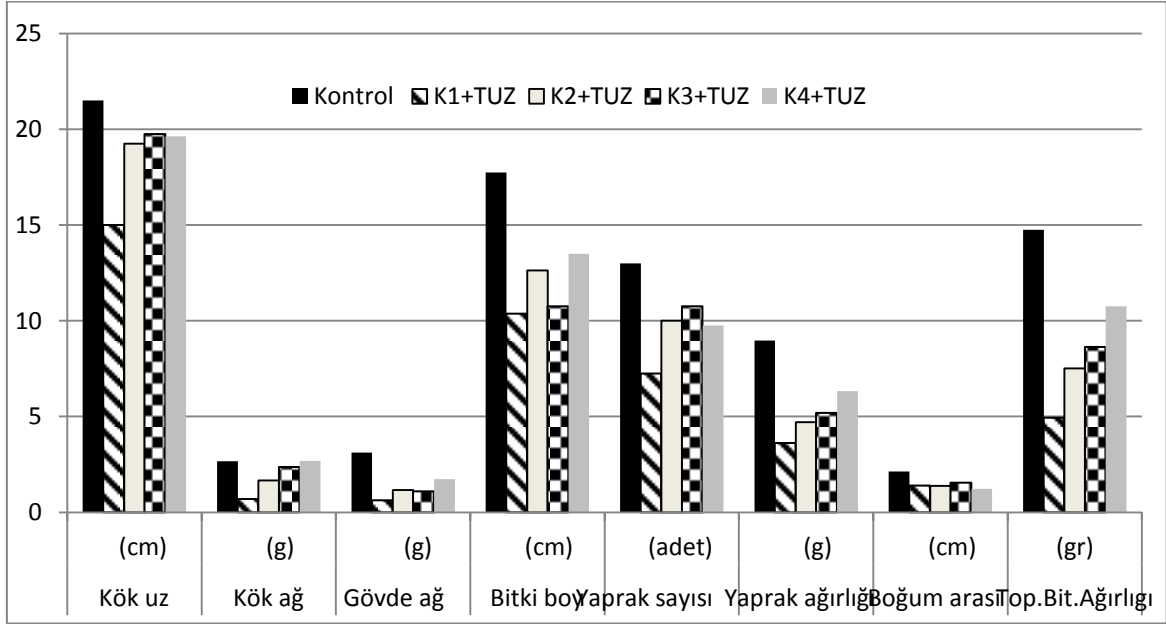
Tuz stresine tabi tutulan Demre biber bitkilerinde 20.gün sonunda bitkilerin kök uzunluğu, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, boğum arası ve toplam bitki ağırlığı ölçülmüş ve elde edilen değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

20 günlük tuz stresi sonucunda kök uzunluğu kontrol grubuna göre K1 uygulamasında azalırken diğer uygulamalarda kontrole aynı istatistiksel aralıkta olduğu görülmüştür. Kök ağırlığı bakımından kontrole göre en düşük değeri sırasıyla K1 ve K2 uygulamaları alırken diğer uygulamalar kontrole aynı istatistiksel aralıkta yer almıştır. Gövde ağırlığında ise uygulamalar arasında farklılıkların olduğu görülmüş, kontrole göre en çok azalış K1 uygulamasında görülürken en az azalma K4 uygulamasında görülmüştür. Bitki boyu kontrol uygulamasında en yüksek olurken istatistiksel olarak K1 ile K3 ün K2 ile K4 aynı aralıkta oldukları ölçülmüştür. Yaprak sayısı kontrol grubuna göre K1 uygulamasında azalırken, diğer uygulamaların kontrole göre aynı istatistiksel aralıkta olduğu görülmüştür. Yaprak ağırlığında ise uygulamalar arasında farklılıkların olduğu görülmüş, kontrole göre en çok azalış K1 uygulamasında görülürken en az azalma K4 uygulamasında görülmüştür. Boğum arası mesafe kontrol grubuna göre K4 uygulamasında azalırken diğer uygulamalarda aynı istatistiksel aralıkta olduğu görülmüştür. Toplam bitki ağırlığı ise kontrol grubu uygulamasına göre farklılık göstermekle birlikte kontrol grubu uygulamasına göre en düşük değer K1 uygulamasında olurken en yüksek değer ise K4’ te olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Demre biber bitkisinde uygulamalardan sonra alınan örneklerden büyüme ve gelişme parametreleri

Uygulama	Kök uz (cm)	Kök ağ (g)	Gövde ağırlığı (g)	Bitki boy (cm)	Yaprak sayısı (adet)	Yaprak ağırlığı (g)	Boğum arası mes. (cm)	Top. Bit. Ağırlığı (g)
Kontrol	21.500 A	2.670 A	3.117 A	17.750 A	13.000 A	8.962 A	2.125 A	14.75 A
K1+Tuz	15.000 B	0,690 C	0.632 D	10.375 C	7.250 C	3.615 D	1.400 AB	4.94 E
K2+Tuz	19.250 A	1.662 B	1.157 C	12.625 B	10.000 B	4.700 C	1.375 AB	7.52 D
K3+Tuz	19.750 A	2.365 A	1.095 C	10.750 C	10.750 B	5.185 C	1.550 AB	8.64 C
K4+Tuz	19.625 A	2.690 A	1.730 B	13.500 B	9.750 B	6.330 B	1.225 B	10.75 B

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4. 1. Bitkilerin kök uzunluğu, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, boğum arası mesafe ve toplam bitki ağırlığı.

4.1.1. Yapraklardaki semptomlara göre skala değerleri

Bitkilerde ortaya çıkan morfolojik zararlanmanın belirlenmesi için skala oluşturma yönteminde belirtildiği gibi fidelere 1 ile 5'e kadar puan verilmiştir (Şekil 4.2). skala değerlerine bakıldığında tuzdan en fazla etkilenen demre biber bitkilerin K1+Tuz uygulaması olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla K2+Tuz, K3+Tuz, K4+Tuz uygulamaları izlemektedir.

Çizelge 4.2 . Yapraklardaki semptomlara göre tuza dayanım skalası (1-5 puan)

Uygulama	SıraNo	Skala değerleri
Kontrol	1	1
K1+Tuz	2	4
K2+Tuz	3	3
K3+Tuz	4	2.5
K4+Tuz	5	2

Puanlaması yüksek olan skala değeri, tuzdan en çok etkilenendir.



Şekil 4.2. Morfolojik olarak en az ve en fazla tuzdan etkilenen bitkilerin görünüşleri.



Şekil 4.3. Sonlanan çalışmanın (20. Gün) skala oluşturulduğunda bitkilerin genel durumları (1=Kontrol, 2=K1, 3=K2, 4=K3, 5=K4).

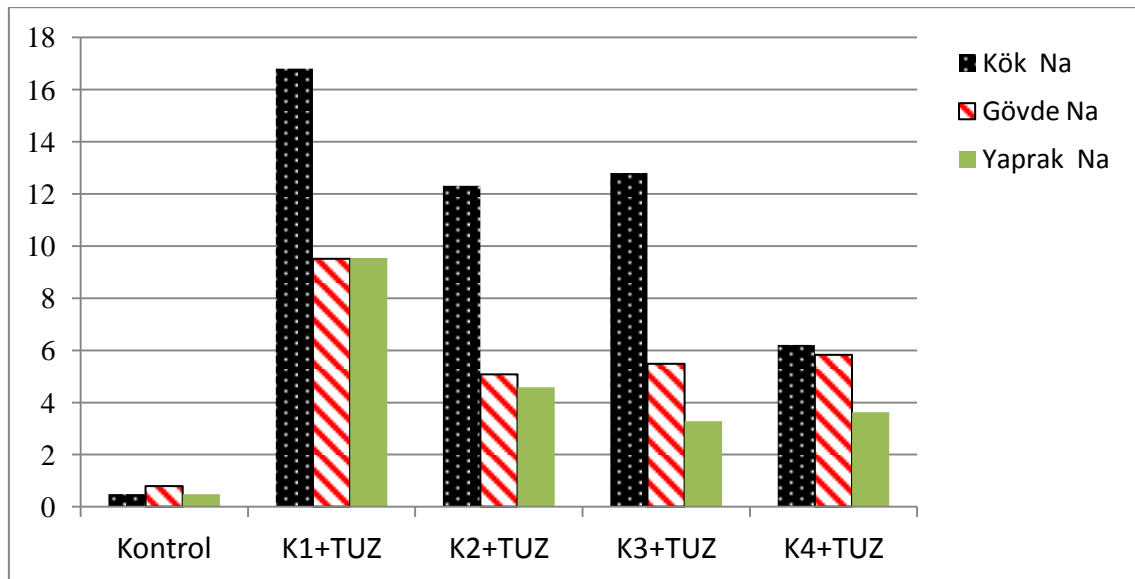
4.1.2. Bitki organlarındaki iyon birikim miktarları

20 gün süreyle 100 mM NaCl tuz stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraktaki Na⁺ iyonu miktarı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.3, Şekil 4.4' te verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Na⁺ birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kök organındaki Na⁺ birikiminin tüm uygulamalarda diğer organlara göre yüksek olduğu görülmüştür. Biber bitkilerinin organlardaki Na⁺ birikimi potasyum dozlarının artışına bağlı olarak düşüş göstermiştir. En yüksek Na⁺ birikimi K1+Tuz uygulamasında görülürken, en düşük Na⁺ birikimi ise her üç organda da K4+Tuz uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.3. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Na⁺ iyonu birikimleri (µ g/mg T.A.)

Uygulama	Kök Na ⁺	Gövde Na ⁺	Yaprak Na ⁺
Kontrol	0.478 D a	0.473 D a	0.482 D a
K1+TUZ	16.800 A a	9.503 A b	9.544 A b
K2+TUZ	12.305 B a	5.080 C b	4.585 B b
K3+TUZ	12.801 B a	5.478 B b	3.680 C c
K4+TUZ	6.204 C a	5.823 B a	3.625 C b

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark P≤0.05 e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark P≤0.05 e göre önemsizdir.



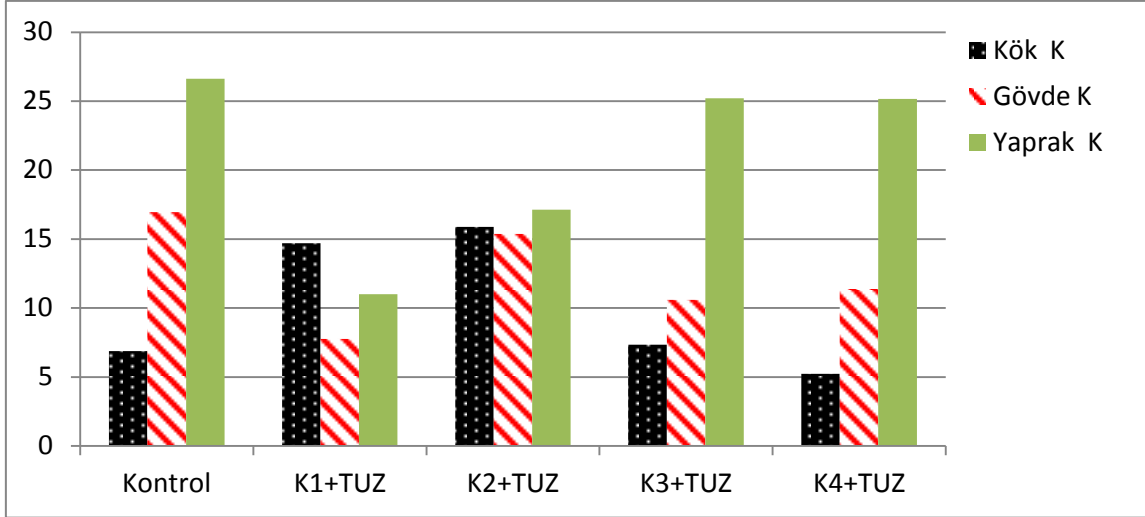
Şekil 4.4. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Na⁺ birikimleri.

Biber bitkilerine tuz stresi ile birlikte farklı dozlarda K^+ uygulanan çalışmada, kök, gövde ve yapraktaki K^+ iyonu miktarı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.4 ve Şekil 4.5' te verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki K^+ birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Bitkilere tuzla birlikte potasyum uygulamasında potasyum dozu arttıkça kökteki K^+ birikiminde azalma olmuş buna karşın gövde de ve özellikle yapraklardaki K^+ birikimi K^+ dozlarının artmasına bağlı olarak artmıştır. Ancak potasyumun düşük olduğu K1+Tuz dozunda kök organındaki K^+ birikimi diğer organlara göre en yüksek durumda bulunmuş, en az birikim ise gövde de olmuştur. Kontrol uygulamasında aşağıdan yukarıya doğru kök, gövde ve yaprak şeklinde en düşükten en yükseğe doğru sıralanmıştır. K4+Tuz dozunda da kontrole benzer şekilde en düşük kökte olurken, en yüksek K^+ birikimi yapraklarda olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+ iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)

Uygulama	Kök K^+	Gövde K^+	Yaprak K^+
Kontrol	6.862 C c	16.951 A b	26.616 A a
K1+TUZ	14.700 B a	7.742 D c	11.009 C b
K2+TUZ	15.886 A b	15.378 B b	17.136 B a
K3+TUZ	7.333 C c	10.591 C b	25.217 A a
K4+TUZ	5.217 D c	11.371 C b	25.174 A a

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.
Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4.5. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K⁺ birikimleri.

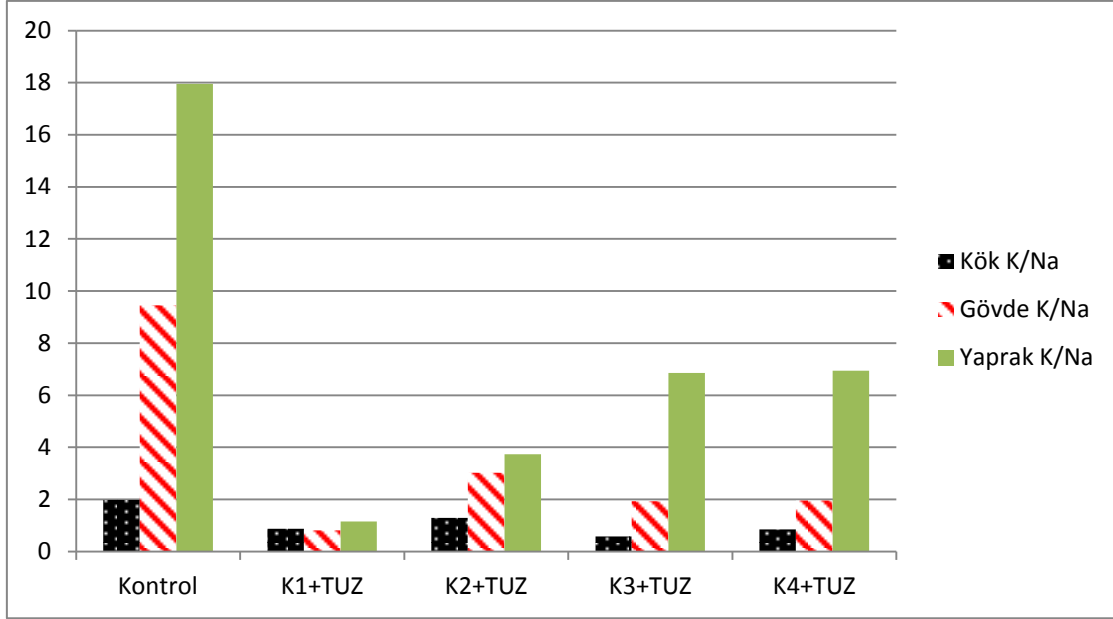
Biber bitkilerine tuz ile birlikte potasyum uygulamaları sonucunda kök, gövde ve yapraktaki K⁺/Na⁺ oranı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.5 ve Şekil 4.6' te verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki K⁺/Na⁺ oranı bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kontrol uygulamasına göre kökten yaprak organlarına göre K⁺/Na⁺ oranlarında bir artışın olduğu görülmüştür. Bu artış potasyum doz uygulamalarında da devam etmiş ancak potasyum dozu arttıkça köklerdeki oranda meydana gelen düşüşe karşılık yapraklardaki oranda yükselme olmuştur. Kontrol uygulamasından sonra en yüksek K⁺/Na⁺ oranı K4+Tuz uygulamasında meydana gelmiştir.

Çizelge 4.5. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K⁺/Na⁺ oranı.

Uygulama	Kök K ⁺ /Na ⁺	Gövde K ⁺ /Na ⁺	Yaprak K ⁺ /Na ⁺
Kontrol	1,973 A c	9,454 A b	17,960 A a
K1+TUZ	0,875 C b	0,815 D b	1,153 D a
K2+TUZ	1,291 B c	3,027 B b	3,737 C a
K3+TUZ	0,573 D c	1,933 C b	6,852 B a
K4+TUZ	0,841 C c	1,953 C b	6,945 B a

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark P≤0.05 e göre önemsizdir.

Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark P≤0.05 e göre önemsizdir.



Şekil 4.6. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+/Na^+ oranları.

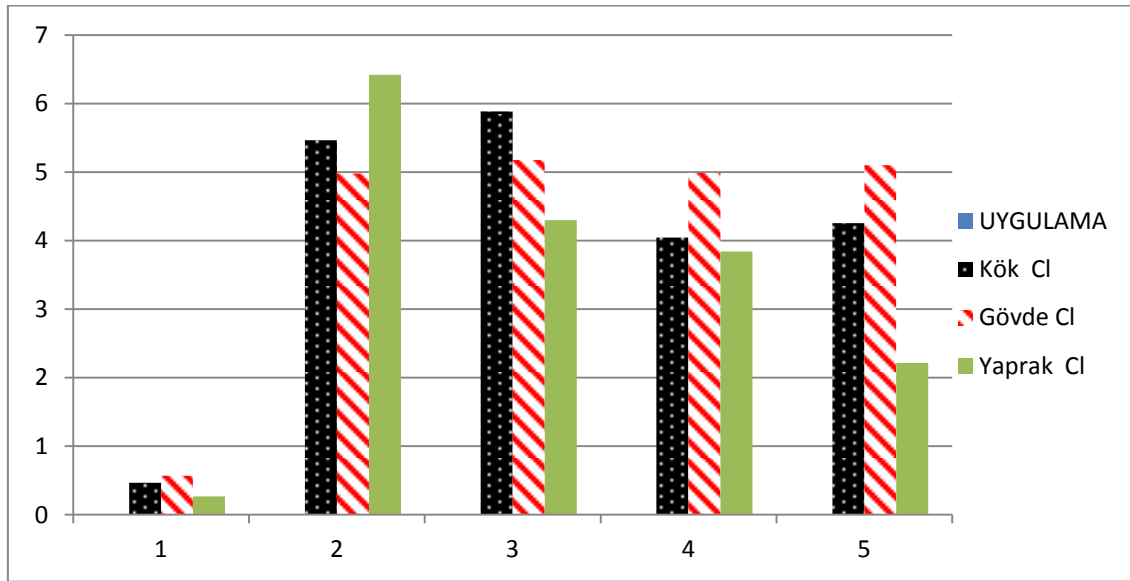
Biber bitkilerine tuz ile birlikte farklı dozlarda potasyum uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraktaki Cl^- iyonu birikimi bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.7' da verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Cl^- birikimi bakımından, kontrol hariç diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her üç organda da Cl^- iyonu birikimi bakımından kontrol grubuna göre diğer uygulamalarda artış görülmüştür. Kök organındaki Cl^- iyonu birikimi kontrol grubu uygulamasına göre en yüksek değer K1+Tuz ve K2+Tuz uygulamalarında ölçülmüştür. K3+Tuz ve K4+Tuz istatistiksel olarak aynı aralıkta ölçülmüştür. Gövde organında Cl^- birikimi tüm uygulamalar kontrole göre ciddi oranda artarken uygulamalar arasında fark bulunamamıştır. Yaprak organındaki Cl^- birikimi diğer organlarda olduğu gibi uygulamalardaki birikim kontrole göre artmıştır. En yüksek artış en düşük potasyum dozunun uygulandığı K1+Tuz uygulamasında olurken, en düşük Cl^- birikimi en yüksek potasyum dozunun olduğu K4+Tuz uygulamasında görülmüştür. Özellikle yapraklardaki Cl^- birikimi potasyum dozlarının artışına paralel olarak azalmıştır. K^+ dozu arttıkça yapraktaki Cl^- birikimi azalmıştır.

Çizelge 4.6. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl⁻ iyonu birikimleri (µ g/mg T.A.)

Uygulama	Kök Cl ⁻	Gövde Cl ⁻	Yaprak Cl ⁻
Kontrol	0.466 C a	0.569 B a	0.267 D a
K1+TUZ	5.464 A ab	4.979 A b	6.420 A a
K2+TUZ	5.885 A a	5.175 A a	4.297 B ab
K3+TUZ	4.046 B b	4.991 A a	3.842 B b
K4+TUZ	4.255 B b	5.103 A a	2.215 C b

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark P≤0.05 e göre önemsizdir.

Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark P≤0.05 e göre önemsizdir.



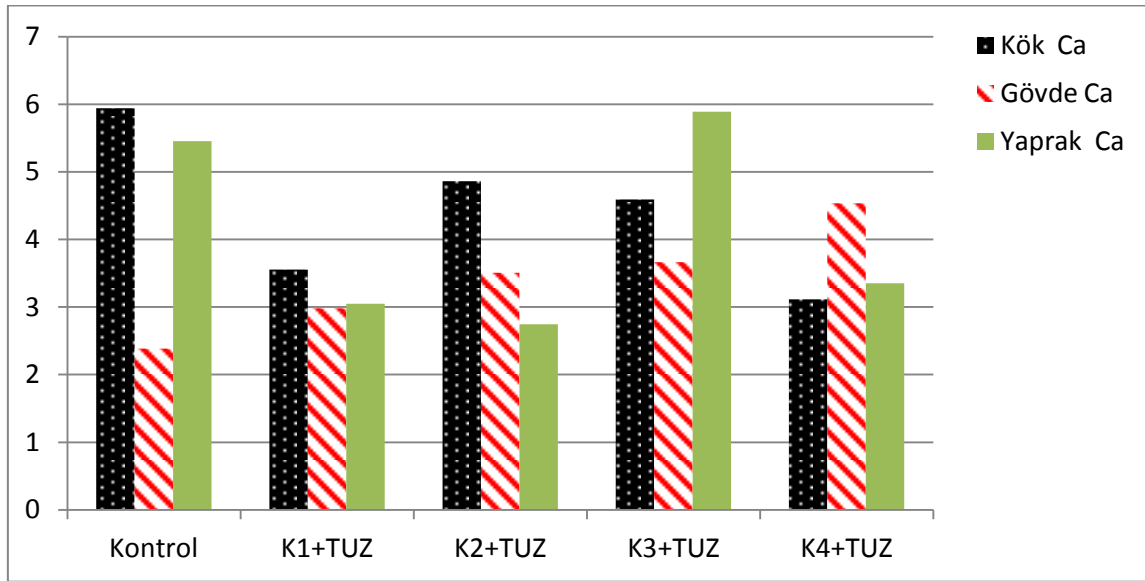
Şekil 4.7. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl⁻ birikimleri

20 günlük tuz stresi sonunda kök, gövde ve yapraktaki Ca⁺² iyonu miktarı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.7 ve Şekil 4.8'da verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Ca⁺² birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Tuz uygulamasıyla kök organındaki Ca⁺² birikiminde kontrole göre azalma meydana gelmiştir. En yüksek azalma K1+Tuz ve K4+Tuz dozlarında meydana gelmiştir. Gövde organında ise köke göre tam tersi durum gözlenmiş Ca⁺² birikiminde kontrole göre uygulamalarla artış gözlemlenmiştir. Yaprak organında ise K3+Tuz uygulaması hariç diğer uygulamalarda kontrole göre Ca⁺² birikiminde azalma meydana gelmiştir. K3+Tuz uygulaması kontrolle aynı istatistiksel değer aralığında bulunurken diğer uygulamalar aynı aralıkta yer almıştır.

Çizelge 4.7. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca^{+2} iyonu birikimleri ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.)

Uygulama	Kök Ca^{+2}	Gövde Ca^{+2}	Yaprak Ca^{+2}
Kontrol	5.940 A a	2.384 C b	5.455 A a
K1+TUZ	3.553 C a	2.983 BC a	3.049 B a
K2+TUZ	4.863 B a	3.509 AB b	2.747 B b
K3+TUZ	4.594 B b	3.665 AB c	5.888 A a
K4+TUZ	3.115 C b	4.537 A a	3.350 B b

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4.8. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca^{+2} birikimleri.

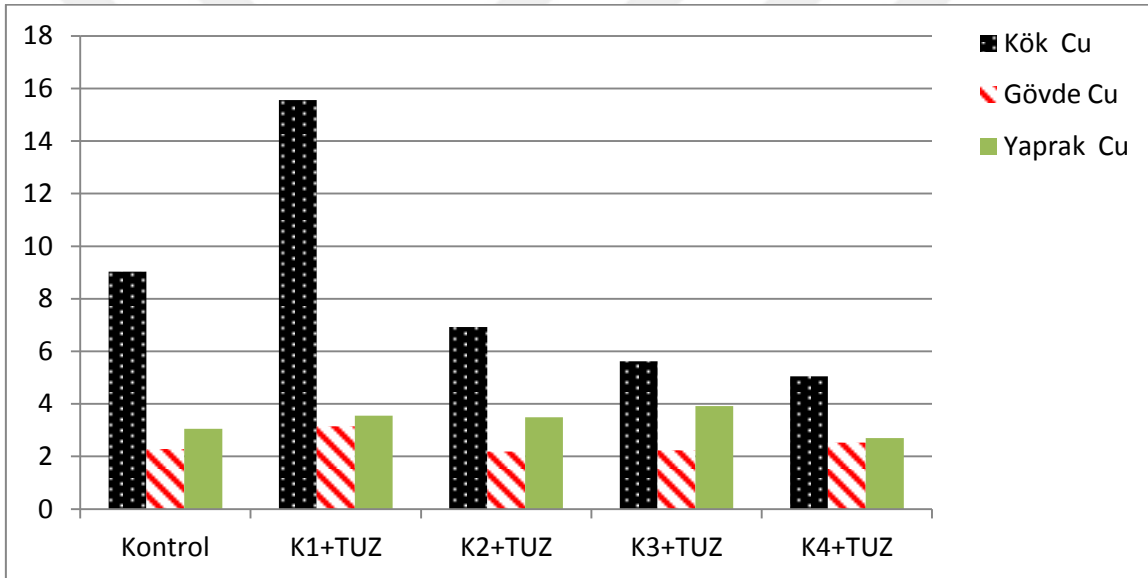
Yaptığımız çalışmada biber bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki bakır iyonu birikimi ile ilgili veriler Çizelge 4.8 ve Şekil 4.9' de verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Cu^{+2} birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür.

Kökte Cu^{+2} birikimi kontrole göre potasyumun düşük dozda uygulandığı K1+Tuz uygulamasında artarken, sırasıyla K2+Tuz, K3+Tuz ve K4+Tuz uygulamalarında doz artışına paralel olarak azalmıştır. Gövde de ise sadece K1+Tuz uygulamasında artmış, diğerlerinde kontrole aynı değer aralığında bulunmuştur. Yaprakta ise sadece K3+Tuz ve K4+Tuz uygulamaları kendi aralarında farklı bulunurken kontrol dahil diğer tüm uygulamalar aynı değer aralığında bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu^{+2} iyonu birikimleri ($\mu\text{g/g T.A.}$)

Uygulama	Kök Cu^{+2}	Gövde Cu^{+2}	Yaprak Cu^{+2}
Kontrol	9.029 B a	2.283 B b	3.048 AB b
K1+TUZ	15.557 A a	3.150 A b	3.555 AB b
K2+TUZ	6.928 C a	2.189 B c	3.496 AB b
K3+TUZ	5.628 CD a	2.236 B c	3.919 A b
K4+TUZ	5.055 D a	2.529 B b	2.703 B b

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



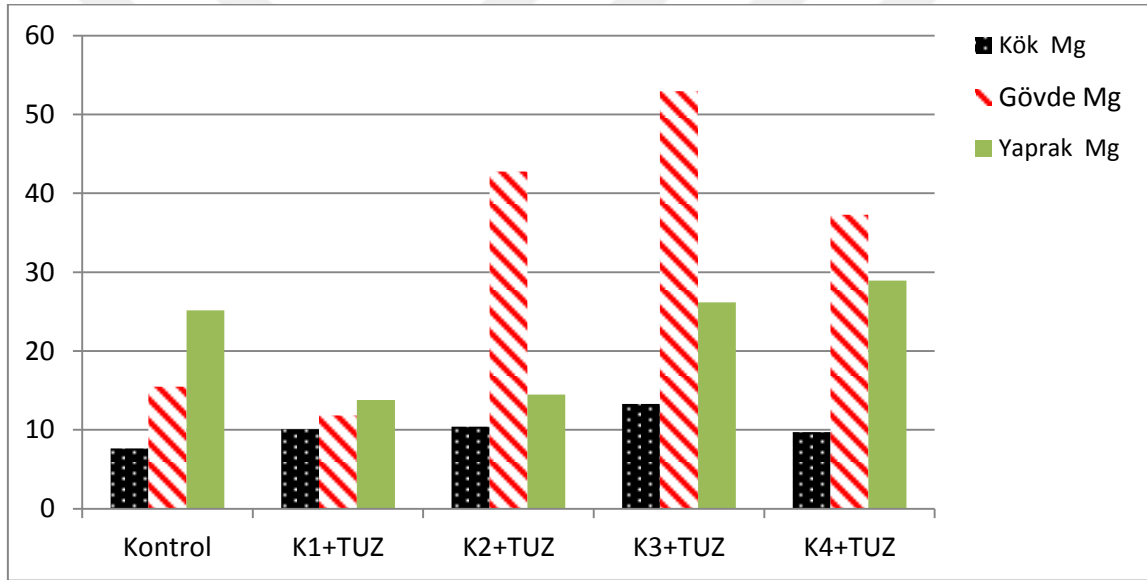
Şekil 4.9. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu^{+2} birikimleri.

20 günlük tuz stresi sonunda kök, gövde ve yapraktaki Mg^{+} iyonu miktarı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.9 ve Şekil 4.10' da verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Mg^{+} birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kökte önce kontrole göre artış görülmüş, sonra potasyum dozunun en yüksek seviyesinde kontrole aynı değer aralığına gelmiştir. Gövde de ise potasyumun en düşük dozu olan K1+Tuz dozunda kontrole göre düşüş olduğu görülürken, sırasıyla K4+Tuz, K2+Tuz ve K3+Tuz uygulamalarında artış görülmüştür. Yaprakta ise kontrole göre önce potasyumun düşük dozlarında düşme meydana gelmiş, yüksek dozlarda ise artış olmuştur.

Çizelge 4.9. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg^{+} iyonu birikimleri ($\mu g/g$ T.A.)

Uygulama	Kök Mg^{+}	Gövde Mg^{+}	Yaprak Mg^{+}
Kontrol	7.674 C c	15.481 D b	25.159 B a
K1+TUZ	10.110 BC b	11.838 E ab	13.782 C a
K2+TUZ	10.401 B c	42.772 B a	14.500 C b
K3+TUZ	13.294 A c	52.959 A a	26.188 B b
K4+TUZ	9.747 BC c	37.281 C a	28.927 A b

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



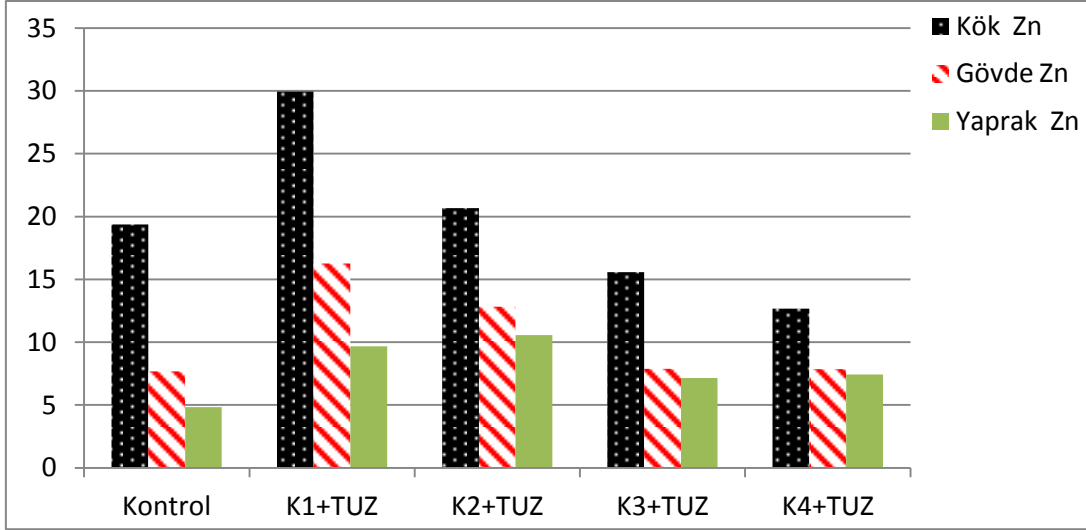
Şekil 4.10. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg^{+} birikimleri.

20 günlük tuz stresi sonunda kök, gövde ve yapraktaki Zn^{+2} iyonu miktarı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.10 ve Şekil 4.11' de verilmiştir. Çinko birikimi bakımından kök, gövde ve yaprak organları arasında fark bulunmuştur. Kontrol dahil tüm uygulamalarda kökteki Zn^{+2} birikimi gövde ve yapraktan daha yüksek bulunmuştur. Uygulamalara göre kökteki birikimi bakımından değerlendirildiğinde kontrole göre en yüksek birikim K1+Tuz uygulamasında, en düşük birikim ise K4+Tuz uygulamasından elde edilmiştir. Aynı durum gövde ve yaprak organında da görülmüştür. Potasyum dozu arttıkça Zn^{+2} birikiminde azalma olduğu görülmüştür. Ancak yaprak organındaki Zn^{+2} birikimi tüm uygulamalarda kontrole göre yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.10. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn^{+2} iyonu birikimleri (μ g/g T.A.)

Uygulama	Kök Zn^{+2}	Gövde Zn^{+2}	Yaprak Zn^{+2}
Kontrol	19.378 B a	7.672 C b	4.822 C c
K1+TUZ	29.942 A a	16.268 A b	9.678 A c
K2+TUZ	20.684 B a	12.835 B b	10.567 A c
K3+TUZ	15.570 C a	7.877 C b	7.137 B b
K4+TUZ	12.680 D a	7.857 C b	7.435 B c

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4.11. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn^{+2} birikimleri.

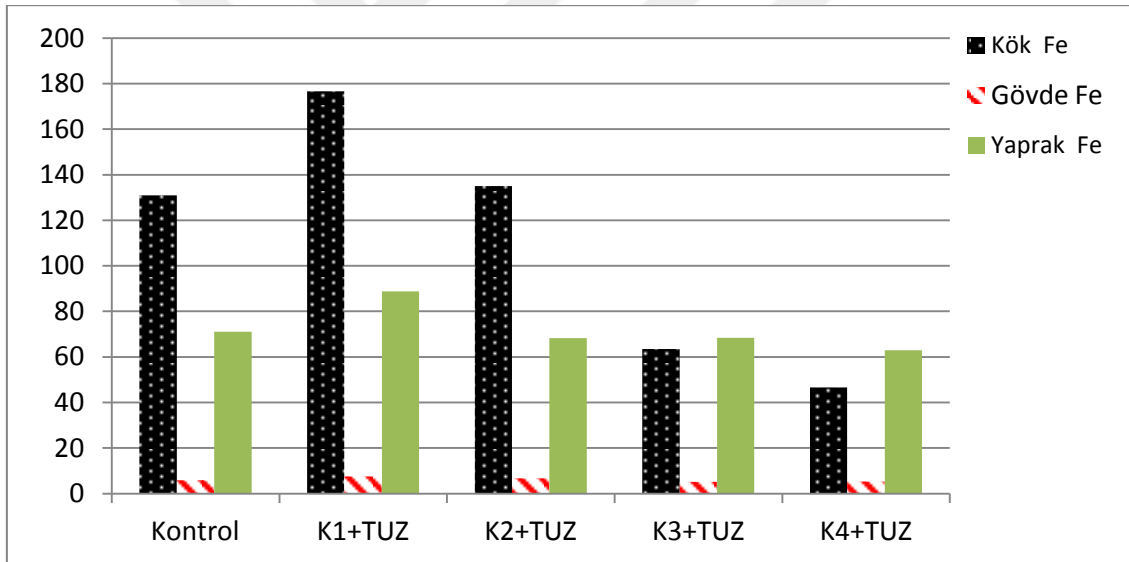
Tuz stresi ile birlikte farklı dozlarda uygulanan potasyumun bitki besin element birikimlerini anlamak için yapılan çalışmada, biber bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki Fe^{+2} iyonu miktarları Çizelge 4.11 ve Şekil 4.12’ de verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Fe^{+2} birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kök organında Fe^{+2} birikimi kontrole göre K1+Tuz uygulamasında artmış, potasyum dozu arttıkça Fe birikiminde düşüşlerin olduğu görülmüştür. En düşük Fe^{+2} birikimi K4+Tuz uygulamasında olmuştur. Gövde uygulamasında ise kontrole göre uygulamalarda köke benzer şekilde düşük dozlu K^+ uygulamalarında artış olurken, K3+Tuz ve K4+Tuz uygulamalarında

sırasıyla en düşük birikim meydana gelmiştir. Benzer durum yaprak organında da olmuştur.

Çizelge 4.11. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe^{+2} iyonu birikimleri (μ g/g T.A.)

Uygulama	Kök Fe^{+2}	Gövde Fe^{+2}	Yaprak Fe^{+2}
Kontrol	130.921 B a	5.801 AB c	71.088 B b
K1+TUZ	176.549 A a	7.612 A c	88.730 A b
K2+TUZ	134.972 B a	6.693 AB c	68.318 B a
K3+TUZ	63.423 C a	5.155 B b	68.407 B a
K4+TUZ	46.584 D b	5.297 B c	62.934 B a

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir. Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4.12. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe^{+2} birikimleri.

20 günlük tuz stresi sonunda kök, gövde ve yapraktaki Mn^{+} iyonu miktarı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.12 ve Şekil 4.13' de verilmiştir. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Mn^{+} birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kökteki Mn^{+} birikimi tüm uygulamalarda kontrole göre azalış göstermiştir. En yüksek azalış K1+Tuz uygulamasında gerçekleşmiştir. Diğer uygulamalar ise K1+Tuz uygulamasına göre yüksek, kendi içlerinde aynı değer aralığında bulunmuştur. Gövdedeki Mn^{+} birikimleri

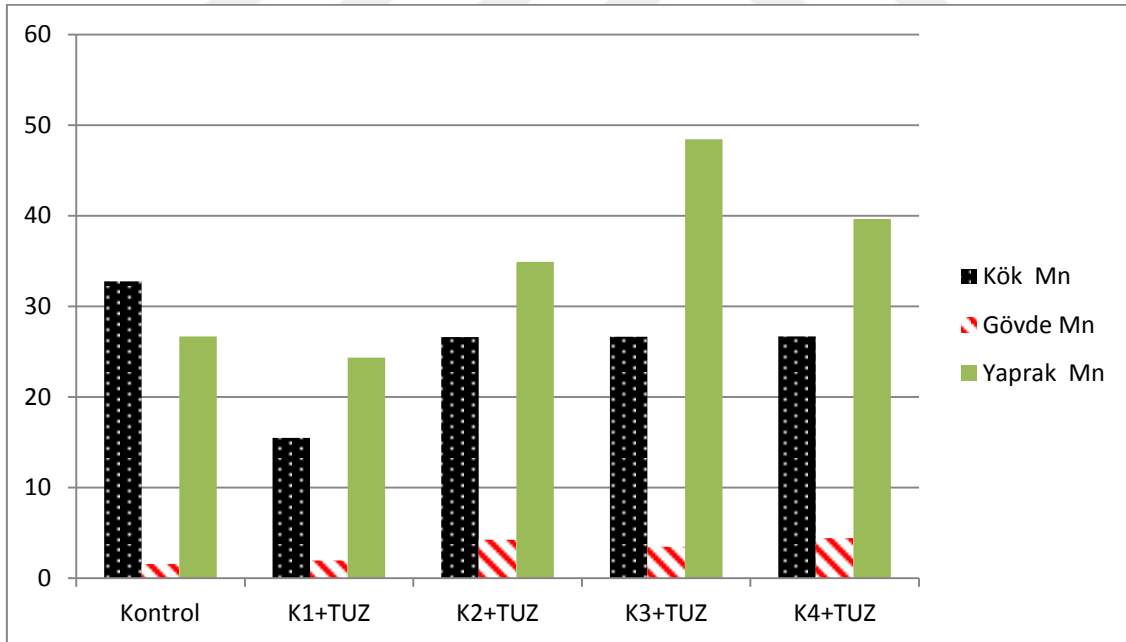
bakımından da K1+Tuz uygulamasıyla kontrol grubu aynı değer aralığında olurken, K2, K3 ve K4+Tuz uygulamaları daha yüksek ve aynı istatistiksel grup içinde yer almıştır. Yaprak organındaki Mn^{+} birikimlerinde de K1+Tuz uygulamasıyla kontrol grubu aynı değer aralığında olurken, sırasıyla K2, K4 ve K3+Tuz uygulamaları daha yüksek ve herbiri farklı istatistiksel gruplarda yer almıştır

Çizelge 4.12. Uygulamalar sonrasında bitkilerden alınan kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn^{+} iyonu birikimleri (μ g/g T.A.)

Uygulama	Kök Mn^{+}	Gövde Mn^{+}	Yaprak Mn^{+}
Kontrol	32.756 A a	1.568 C c	26.670 D b
K1+TUZ	15.476 C b	1.949 C c	24.337 D a
K2+TUZ	26.588 B b	4.230 AB c	34.909 C a
K3+TUZ	26.628 B b	3.485 B c	48.421 A a
K4+TUZ	26.665 B b	4.409 A c	39.634 B a

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.

Aynı satırda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4.13. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn^{+} birikimleri.

4.1.3. Lipid peroksidasyonu (MDA içeriği) ve klorofil bakımından ortaya çıkan değişimler

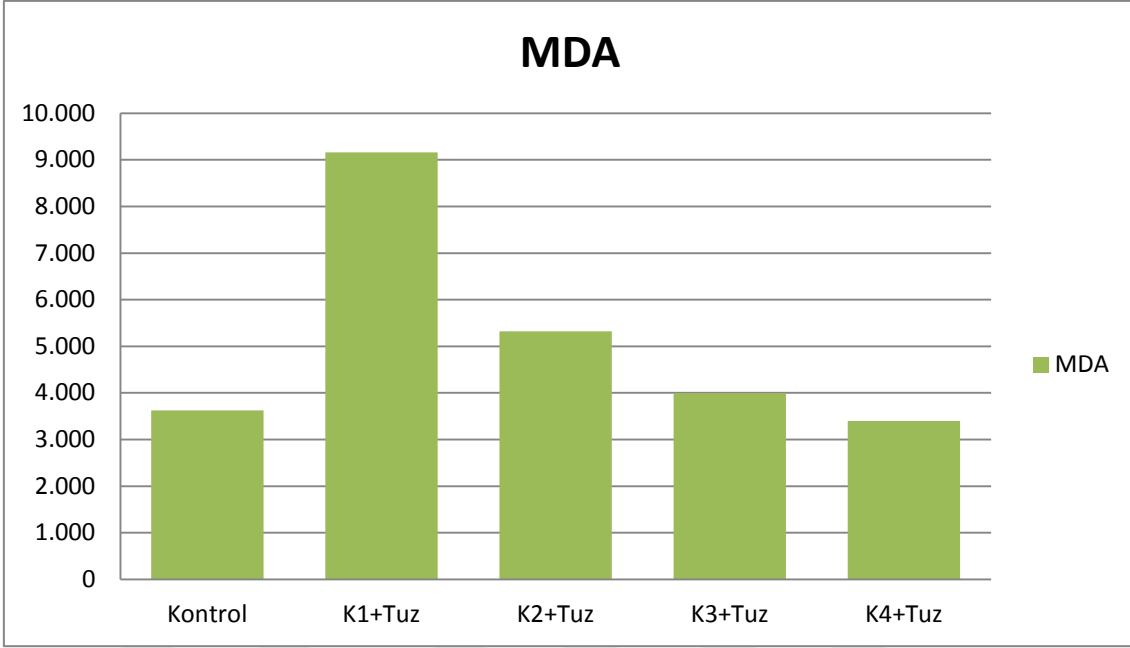
Tuz stresi altında yetiştirilen biber bitkilerine aynı zamanda farklı dozlarda potasyum da uygulanmıştır. Kontrol ve uygulama bitkilerinin stresten kaynaklanan ve hücre zarı tahribatını belirleyen lipid peroksidasyon ürünü olan MDA miktarı ile klorofil miktarları Çizelge 4.13 ve Şekil 4.14, Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Biber bitkilerinin yapraklarında bakılan MDA miktarı kontrole göre K1+Tuz ve K2+Tuz uygulamalarında yükselmiştir. K3+Tuz ve K4+Tuz uygulamaları diğer uygulamalara göre azalarak kontrolle aynı değer aralığında yer almıştır.

Klorofil bakımından da K1+Tuz uygulamasında klorofil miktarında azalma olurken, K2+Tuz ve K4+Tuz uygulamaları kontrole göre artış göstermiş, K3+Tuz uygulamasındaki klorofil miktarı da kontrolle benzer bulunmuştur.

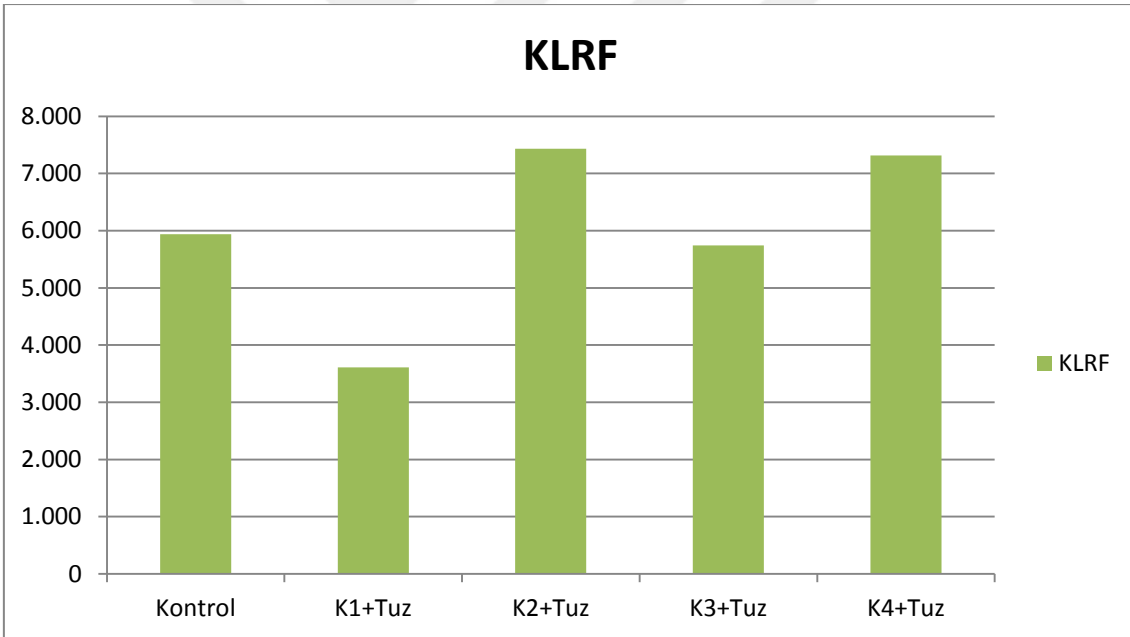
Çizelge 4. 13. Uygulamalardan sonra bitkilerden alınan yaprakların MDA ve Klorofil içerikleri (μ mol/g T.A.)

Uygulama	MDA	KLRF
Kontrol	3.626C	5.939B
K1+TUZ	9.162A	3.610C
K2+TUZ	5.323B	7.430A
K3+TUZ	3.993C	5.744B
K4+TUZ	3.402C	7.317A

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.



Şekil 4.14. Uygulamaların MDA miktarı üzerine etkisi.



Şekil 4.15. Uygulamaların klorofil miktarı üzerine etkisi.

4.1.4. Antioksidant enzim aktiviteleri

Tuz uygulaması ile birlikte farklı dozlarda potasyum uygulanan biber bitkilerinde oksidatif stres sonucunda oluşan radikal oksijen türevlerini yok etmek için aktive olan antioksidatif enzimlerden CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerine bakılmış

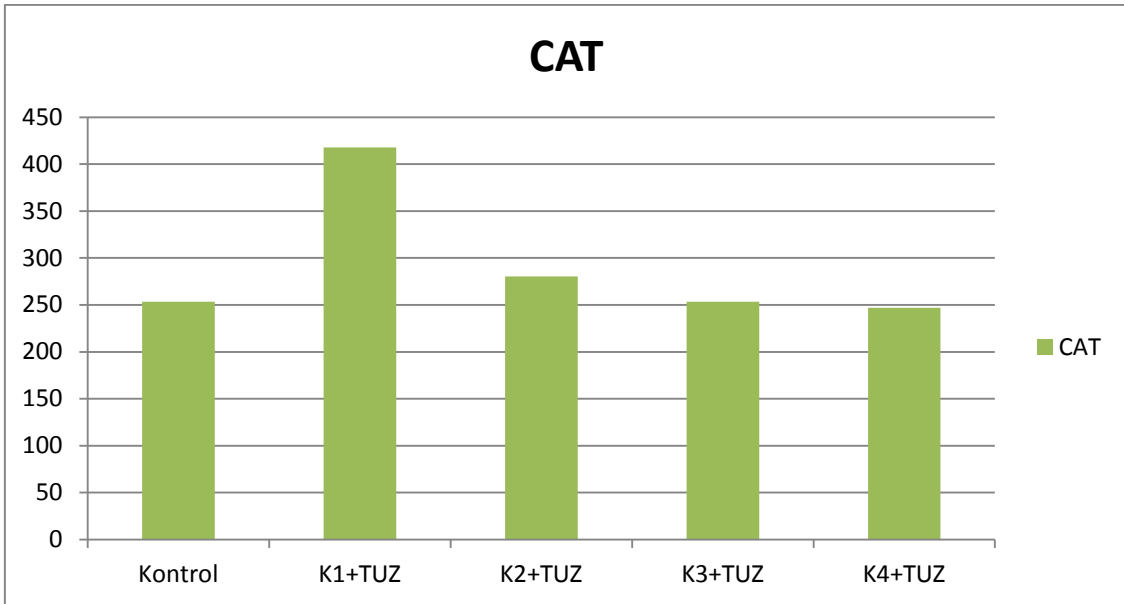
ve elde edilen veriler Çizelge 4.14 ile Şekil 4. 16, Şekil 4. 17 ve Şekil 4. 18 ' da verilmiştir.

Çizelge 4.14. Uygulamalardan alınan bitkilerin yaprağındaki Katalaz, Askorbat peroksidaz, Süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri (mol/min/mg T.A.).

Uygulama	CAT	APX	SOD
Kontrol	253.380 D	17.320 D	63.333 D
K1+TUZ	417.673 A	33.286 A	112.667 A
K2+TUZ	366.700 B	21.500 B	98.000 B
K3+TUZ	280.350 C	18.233 C	88.000 C
K4+TUZ	246.967 D	18.343 C	84.000 C

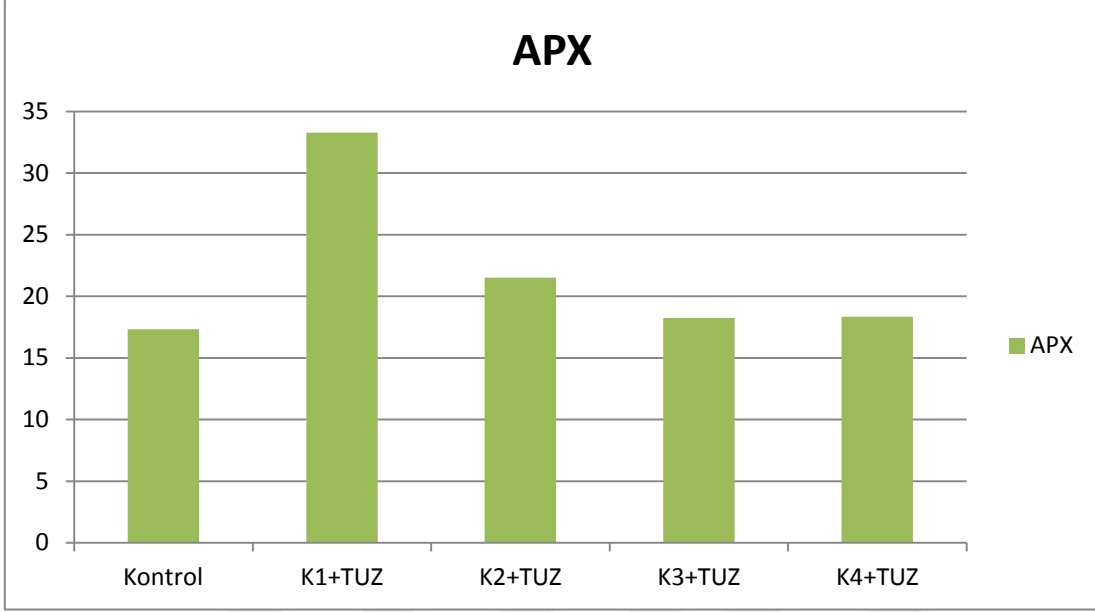
Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $P \leq 0.05$ e göre önemsizdir.

Tuz uygulamasının 20.günde bitkilerin CAT enzimi aktivitesinde kontrol bitkilerine göre önemli değişimler görülmüştür. Katalaz enzimi aktivitesine bakıldığında en yüksek değer K1 uygulamasından alınırken en düşük değer ise kontrol grubuyla aynı değer aralığında olan K4 uygulamasında bulunmuştur. (Şekil 4.16). Potasyum uygulamaları ile birlikte CAT enzim aktivitesi en düşük K^+ dozunda en yüksek seviyeye çıkarak K^+ dozu arttıkça aktivite azalmaya başlamıştır. En yüksek doz olan K4 dozu kontrolle aynı değer aralığına gelmiştir.



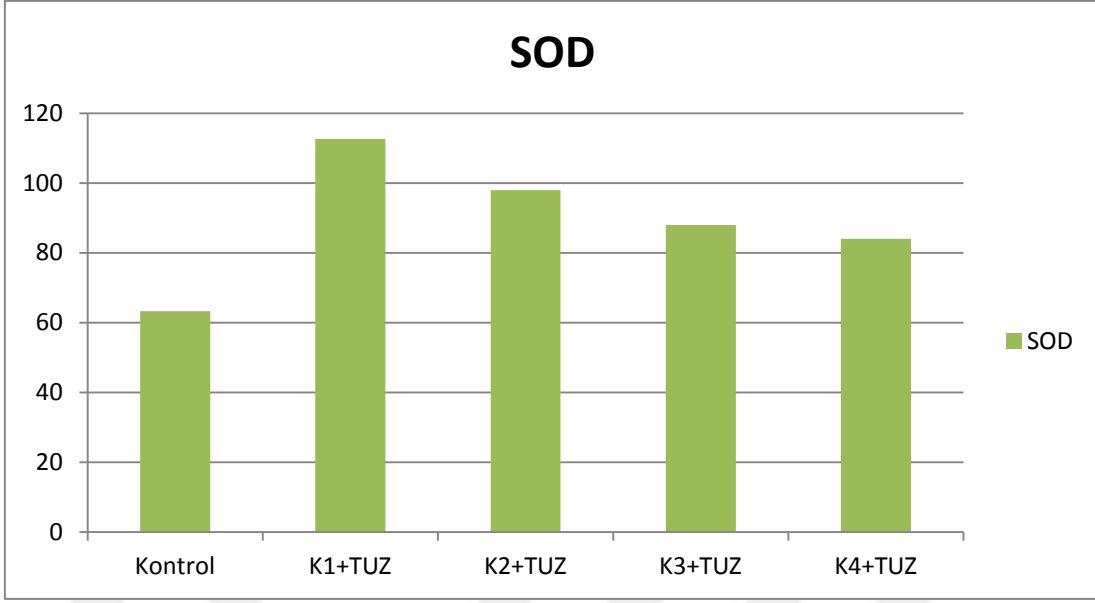
Şekil 4.16. Uygulamaların katalaz enzimi üzerine etkisi.

Askorbat peroksidaz enzimi aktivitesi bakımından uygulamalara bakıldığında askorbat peroksidaz (APX)'de en yüksek aktivite değeri K1+Tuz uygulamasından, bunu sırasıyla K2+Tuz, K3+Tuz ve K4+Tuz uygulaması takip etmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Uygulamaların APX enzimi üzerine etkisi.

Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi incelendiğinde K⁺ Tuz uygulamaları ile enzim aktivitelerinde artış olduğu görülmüş, ancak bu artış K⁺ dozu arttıkça azalmaya başlamıştır. En yüksek SOD enzim aktivitesi K1+Tuz uygulamasında görülürken, en düşük SOD enzim aktivitesi ise kontrolden sonra K4+Tuz uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Uygulamaların SOD enzimi üzerine etkisi.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tuz stresi altında bulunan Demre biber bitkisine potasyumun (K^+) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılan çalışmada, tuz uygulaması ile birlikte demre biber bitkisine farklı dozlarda potasyum uygulanarak, tuza olan toleransı etkileyip etkilemediği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda alınan örneklerde, bitki büyüme parametrelerinden kök,gövde ve yaprak ağırlığı ile birlikte stresten etkilenme durumunu skala değerleri, MDA, klorofil, iyon ve antioksidatif enzim aktivitelerine bakılmıştır.

100 mM NaCl ile birlikte farklı K^+ dozlarının uygulamasının 20. gününde biber bitkileri kök uzunluğu, kök ağırlığı, gövde ağırlığı, bitki boyu, yaprak sayısı ve toplam bitki ağırlığı gibi bakılan tüm parametrelerde kontrole göre en yüksek azalış potasyumun 1. dozunda olmuş , kök uzunluğu haricinde diğer parametreleri de potasyum dozu arttıkça gelişmeleri kontrole daha yakın değerlerde bulunmuştur. Toplam bitki ağırlığı bakımından potasyum dozları arasında çok daha belirgin farklılıkların olduğu görülmektedir. Yaşar ve ark (2006, 2007, 2008, 2013, 2016) farklı türlerde yapmış oldukları tuzluluk çalışmalarında da toplam bitki ağırlıklarının tuz stresine karşı tepkiyi belirlemede önemli bir parametre olduğu görülmüştür. Ayrıca, tuz diğer bitki gelişim parametrelerinin olumsuz etki yapmıştır. Potasyumun 1. dozu tuzun olumsuz etkisini azaltıcı etkide bulunamazken, 2., 3. ve 4. dozları sırasıyla olumlu yönde etkili olan dozlar olmuştur. Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlarda göstermiştir ki, tuzlu ortamlarda bitkilerin solunumundaki yavaşlamalara bağlı olarak, bitkilerin büyüme ve gelişmeleri azalmaktadır. Solunum sisteminde bozulmaların olması yani stoma hareketliliğinin azalması sonucunda bitkide hormonal bozukluklar meydana gelir ve buna bağlı olarakta bitkinin fotosentezinde azalma, dolayısıyla asimilat oluşumunda azalma ve bütün bunlara bağlı olarakta bitki büyüme ve gelişmesinde azalma meydana gelmektedir (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985; Yasar 2003; Yasar, 2007).

Yaptığımız çalışmada, incelediğimiz tüm parametrelerin kontrolü olarak morfolojik bir gözlem olan skala değerlendirmesinde tuz uygulanarak yapılan çalışmalarda ortaya çıkan zararlanma derecelerine göre en fazla zarar gören uygulama K1 dozunda görülmüştür. Sırasıyla K2, K3 ve K4 dozlarında görülmüştür. Potasyumun

en yüksek dozu kontrole göre en az tuz zararından etkilenen dozu olmuştur. Zararlanma derecelerine göre oluşturulan skala değerlendirmeleri, tüm uygulamalara göre tuz zararının morfolojik belirtileri ve bunların derecelendirilmesi olarak gösterilen ve incelenen diğer parametrelerle karşılaştırması yapılarak bir çeşit kontrol özelliği taşımaktadır. Aktaş (2002) biberde, Yaşar (2003) patlıcanda yapmış oldukları çalışmalarda oluşturdukları skaladan yararlanmışlardır. Bu araştırmacıların her ikisinde skala değerinin toplam bitki ağırlıkları ve özellikle K^+/Na^+ iyonlarının oranlarıyla çok yüksek korelatif ilişki içinde olduğunu belirtmişlerdir.

Tuz stresi uygulanmış biber bitkilerindeki büyümede meydana gelen azalmanın en önemli nedenlerinden birisi, ortamdan alarak bünyelerinde gereğinden fazla ve toksik düzeyde biriktirdikleri Na^+ miktarıdır. Köklerde daha fazla biriktirirken, gövde ve yapraklarda daha düşük birikim olmuştur. Ancak potasyum uygulamalarında K^+ dozu arttıkça her üç organ da Na^+ birikimi azalmıştır. Özellikle K4 dozunda, K1 dozuna göre Na^+ birikimindeki azalma daha belirgin olmuştur. Bitkilerin tuza olan toleransının belirlenmesinde en belirgin özelliklerden biri iyon regülasyonudur. $NaCl$ tuz konsantrasyonunun yüksek olduğu ortamlardaki bitkiler, aşırı miktarda Na iyonu almaktadırlar. Sodyum iyonuna, iyonik çapları ve elektriksel yükleri nedeniyle çok büyük benzerlik gösteren K^+ iyonunun alımı engellenmektedir. Buna karşın, bazı bitki genotiplerinin tuz koşullarında düşük Na^+ ve Cl^- iyonlarının alımı sırasında daha yüksek oranlarda K^+ ve Ca^{+2} alınımlarının artması toleransın anahtar mekanizmalarını oluşturmaktadır. Tuz stresine toleransı daha iyi olan bitkilerin dokuları, genel olarak daha yüksek K^+/Na^+ oranını oluşturma kabiliyetine sahiptirler. Bitkilerde tuz stresine toleransını belirlemek için yapılan birçok çalışma (patlıcan, fasulye, kavun, domates ve biber), farklı bitki organlarında K^+/Na^+ ve Ca^{+2}/Na^+ oranları ile dokulardaki Na^+ konsantrasyonlarının belirlenmesi önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır (Marschner, 1995; Daşgan ve ark., 2002; Yaşar, 2003; Zeng ve ark., 2003; Aktaş ve ark., 2006; Kuşvuran ve ark., 2007; Daşgan ve Koç, 2009). İyonik çapları ve elektriksel yükleri nedeniyle çok büyük benzerlik göstermesinden dolayı K^+ ve Na^+ iyonlarının alınımlarındaki rekabette avantajı K^+ lehine çevirmek için tuzlu ortamda uyguladığımız K^+ dozları etkisini göstererek Na^+ alımını çok önemli derecede azaltmış ve toplam bitki ağırlığı ile skala derecelendirmesinde de göstermişirki bitkiler K4 dozunda kontrole yakın durumda gelişme göstermiştir.

Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz ilginç sonuçlardan biriside K^+ iyonu dozu arttıkça biber bitkilerinin köklerindeki K^+ birikimlerinde azalmanın olduğu buna karşın özellikle yapraklarda K4 dozunda kontrolle aynı miktarda K^+ iyonu birikiminin olduğu belirlenmiştir. Buda gösteriyorki Na^+ ile K^+ arasında sadece alımlarda bir rekabet yok aynı zamanda taşınımında da ciddi bir rekabetin var olduğudur. Tuzluluk zararının en baş faktörünün Na^+ katyonu olmasından dolayı, bitki dokularındaki Na^+ iyon alınımının ve taşınımının ayarlanması ve eliminasyonu büyük önem taşımaktadır. Na^+ iyonunun alınımı ve taşınımının engellenerek bitkinin Na^+ 'un toksik etkisinden korunmasının metabolik sebeplerini Kemmler ve Kraus, (1971) şöyle sıralamıştır. 1.Kök boyunca iyon taşınımını kontrol altına alabilmek için plazmalemmada seçici K^+ alınımı ve K^+ salgılanma süreci çalışıyor olmalıdır, 2. Sodyumu vakuollerde tutacak ve stoplazmaya geçişini önleyecek olan tonoplastlardaki K^+/Na^+ oranlarındaki değişim dengelenme reaksiyonları gerçekleşiyordur, 3. Ksilemden sodyumun tekrar absorpsiyonu ve ksilem parankima hücrelerinde Na^+ ile K^+ 'un yer değiştirme reaksiyonu gerçekleşmesinden olabileceğini sıralamıştır. Kaya ve ark., (2001) tuz stresi uygulanmış olan ıspanak bitkilerine potasyum kaynağı olan KH_2PO_4 uygulayarak, ıspanak bitkisinde nispi su içeriği, kuru madde oranı membran geçirgenliği ve klorofilde iyileşmelerin olduğunu bildirmişlerdir. Anaç ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada tuz stresine maruz bırakılan mandarin ağaçlarına gübrelemeyle birlikte uygulanan farklı K^+ dozlarının etkisine bakılmıştır. Çalışmada K^+ dozları ile relativ turgidite, bitki su potansiyeli, stoma yoğunluğu ve net karbondioksit asimilasyonu parametreleri arasındaki ilişki incelenmiş, Potasyum dozları arttırıldıkça su potansiyeli düşmüş, relativ turgidite değişmemiş, stoma yoğunluğu ve net CO_2 asimilasyonu artmıştır. Bizim çalışmamızda fotosentezin aktif olduğunu kontrol bitkileri kadar olmasa bile kontrole yakın değerlerde olduğunu özellikle Toplam bitki ağırlığı ve K^+/Na^+ oranından elde edilen sonuçlardan hareketle söylenebilir.

Tuz stresi ile birlikte farklı dozlarda potasyum uygulamasının Ca^{+2} alınımına etkisi hem dozlara hem de organlara göre farklılıklar göstermiştir. Potasyumun yüksek dozu (K4) özellikle kök ve yaprakta Ca^{+2} birikimini kontrole göre oldukça yüksek oranda azaltmıştır. Fakat K dozu arttıkça bitkilerin gövde kısmındaki Ca^{+2} birikimi kontrole göre artmıştır. Köklerden potasyum alınımı sürecinde K^+/Na^+ oranı oldukça büyük önem taşımaktadır. Ortamdaki yüksek miktarlarda Na^+ 'nın varlığı, K^+ alınımını

azaltmaktadır. Tuzlu şartlarda bitkilere ekstra potasyum (K^+) verilmesi olgusu, kök tüylerindeki plazmalemmalardaki Ca^{+2} 'un yerine Na geçmesi ile Ca^{+2} alımında azalmalar olabilmektedir (Kemmler ve Kraus, 1971). Yaşar ve ark., (2006 c) tuz stresi altında bulunun patlıcanın, iki hassas ve iki tolerant çeşitlerinin kullanıldığı çalışmada hassas olan genotiplerin Na^+ ve Cl^- iyonu birikmesi daha yüksek olduğu tespit edilmiş, bu genotiplerin K^+ ve Ca^{+2} miktarlarında düşüşlerin olduğunu bildirmişlerdir. Buna benzer sonuçlar aynı şekilde Yaşar ve ark., (2006a; 2013), Üzal, (2009), Üzal ve Yıldız , (2014)', in yaptıkları çalışmalardan da alınmıştır

Biber bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki Cl^- birikimlerinde K^+ dozlarına göre farklı olmuş, tüm organlarda kontrole göre artış göstermiştir. K^+ dozlarının bariz farklılığı yaprak organında dahi iyi görülmektedir. K^+ dozu arttıkça Cl^- birikiminde azalma olduğu görülmektedir. Tuz stresi altındaki bitkilerde Cl^- birikiminin arttığını Yaşar, (2003); Zeng ve ark., (2003); Aktaş ve ark., (2006); Kuşvuran ve ark., (2007) ve Üzal, (2009) değişik türlerde yapmış oldukları çalışmalarda belirtmişlerdir.

Tuzluluk stresi altındaki biber bitkilerine uygulanan farklı potasyum dozlarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki Cu^{+2} birikimleri farklı bulunmuştur. Ağır metal olması nedeniyle kökteki birikimi fazla olmuş, ancak kök organındaki birikim düzeyi uygulamalara göre farklı çıkmıştır. Cu^{+2} birikimleri kontrole göre değerlendirdiğimizde K1 dozundaki Cu^{+2} birikimi artarken, sırasıyla K2, K3, K4 azalmıştır. En düşük Cu^{+2} birikimi K4 dozunda olmuştur. Gövde organında K1 dozu hariç diğer uygulamalar kontrolle benzer bulunmuştur. Yaprakta ise farklı bir durum meydana gelmiş, K1 dozu diğer organlarda yüksek bulunurken yaprakta kontrolle aynı değer aralığında bulunmuştur. Fakat K3 ve K4 dozları kontrole göre azalış göstermiştir. Tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde mikro (Fe^{+2} , Zn^{+2} , Mn^+ , ve Cu^{+2}) besin elementlerinin çözünürlükleri ve taşınımları zor olduğu için eksiklikleri görülür Ancak bu eksiklikleri, bitki türü, bitki dokusu, tuzluluk seviyesi ve çevresel koşullara göre farklılık gösterir. Böylece tuz stresinden dolayı bitkilerin türüne bağlı olarak ya mikro element alınımları artar yada azalır (Page ve ark., 1990). Tuz stresine tepki olarak bazı bitkilerde Fe^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Mn^+ ve Mg^+ gibi mikro besin maddelerinin alınımlarında artışların olduğunu bazı araştırmacılar belirtmişlerdir (Moreno ve ark., 2000; Alam, 1999). Biber bitkilerinin Zn^{+2} alınımları bakıra göre daha farklı olmuştur. K^+ dozları arttıkça Zn^{+2} alınımları azalmıştır. Her üç organda da K1 dozunda en yüksek seviyede bulunmuştur. Mikro

besin elementlerinin tuz stresi altındaki alınımlarında yukarıda bahsettiğimiz araştırmacıların belirttiği şekilde tuza tepki olması için alımlarda kontrole göre artışlar olmuş ancak K^+ dozları arttıkça bitkinin hücre içindeki ozmotik dengesi bozulmadığından ve K^+ alımı daha aktif olduğundan bazı mikroların alımı azalmaktadır (Page ve ark., 1990). Bizim yaptığımız çalışmada, toplam bitki ağırlığı ve morfolojik bir gözlem olan skala değerlerinden de anlaşıldığı gibi yüksek K^+ dozlarının uygulandığı bitki grupları hem tuzdan daha az etkilenmiş hemde mikro element (Fe^{+2} , Zn^{+2} , Mn^+ , Cu^{+2} ve Mg^+) birikimlerinde azalma olduğu görülmüştür.

Tuz stresi altındaki biber bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki Fe^{+2} birikimleri K^+ uygulama dozlarına göre değişiklik göstermiştir. Kökteki Fe^{+2} birikimi diğer organlara göre daha yüksek olmuş ancak K3 ve K4 dozlarında durum değişmiştir. Kökteki Fe^{+2} birikimi yaprak organından daha az olmuştur. Diğer mikrolarda olduğu gibi tuzla birlikte düşük K^+ dozunda tuz stresine tepki olarak Fe^{+2} alımında artış olmuş ancak K^+ dozu arttıkça Fe^{+2} alımında tekrar düşüşler başlamıştır. Ayrıca, tuz stresi uygulanmış bitkilere ayrıca K^+ uygulandığında potasyum dozunun artışına bağlı olarak Fe^{+2} 'in bitkide yukarı doğru taşınımını artırmada etkili olabileceği söylenebilir. Villora ve ark., (2000) Fe^{+2} , Mn^+ , Zn^{+2} ve Cu^{+2} elementlerinin alımının tuz stresi altında arttığını bildirmiştir. Tuz etkisiyle birlikte fasulye bitkisinde bulunan besin elementlerinden Cl^- ve Mn^+ köklerde, Cl^- , Fe^{+2} ve Mn^+ yapraklarda, Cl^- ve Fe^{+2} meyvelerde yüksek miktarlarda bulunmuştur. Amal ve ark., (2014) tuz stresi altındaki arpa bitkilerine GA_3 uygulayarak yaptıkları çalışmada tuz stres uygulamasında Zn^{+2} , Fe^{+2} , Co, Pb, Cr, Cd ve Mn^+ iyonlarının birikiminde azalma olduğunu ve ayrıca GA_3 uygulamasının tuz stresinin etkisini azaltarak bu iyonların alımında artışların olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde Akman, (2009) buğdayda yaptıkları çalışmada Fe^{+2} , Zn^{+2} ve Cu^{+2} iyonlarının birikimlerinde benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Tuzlu ortamlarda yetişen bitkilerin hücre zarlarındaki bütünlüğün bozulması, toksik iyon birikimlerinin olması, stomaların kapanması ve bu esnada bitkinin ışıklanmasında devam etmesi ve fotosentetik elektron taşınımının aksaması ile ortamda serbest halde bulunan oksijenlerin radikal konumuna geçmesiyle, bitki bunlara karşılık antioksidatif savunma sistemlerini harekete geçirmektedir. Stres faktörlerinin etkisiyle oluşan ve biriken Radikal Oksijen Türevleri (ROS) ile savaşmak zorunda kalan bitkiler, kendilerini fitotoksik etkilerden koruyan birçok antioksidant madde ve

antioksidatif enzime sahiptir. Bu nedenle stres faktörlerine karşı toleransın artırılmasının önemli ayaklarından biride oksijen radikallerin sınırlandırılması veya antioksidant madde ve antioksidatif enzim aktivitesinin artırılmasıdır. Tuzluluk stresi altında, serbest O₂ türevlerinin oluşumunun arttığını pek çok araştırmacı farklı bitki türlerinde yapmış oldukları çalışmalarla ortaya koymuşlardır. (Gosset ve ark., 1994, 1996; Sreenivasulu ve ark., 2000; Yasar, 2003; Yaşar ve ark., 2014, 2016; Uzal, 2017).

Stres altındaki bitkilerde oluşan ROS leri membran lipidlerinin peroksidasyonuna neden olmakta ve hücre zarında hasara yol açmakta (Sreenivasulu ve ark 2000, Yasar ve ark., 2008), böylece ortaya çıkan iyon sızması da Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu, (1994) tarafından tuz stresine tolerans için bir gösterge olarak kullanılmıştır. Bunun yanında lipid peroksidasyonu ürünü olan malondialdehit'in miktarının belirlenmesi, oksidatif zararın en basit göstergesi olarak kullanılmaktadır (Yaşar 2003; Yasar ve ark., 2006, 2008; 2010; Uzal, 2017). Bizim yaptığımız çalışmada da MDA miktarında diğer parametrelere paralel olarak tuz uygulanan bitkilerin MDA miktarları kontrole göre artmış, ancak K⁺ dozları arttıkça azalmaların olduğuda görülmüştür. Klorofil birikimlerinde de benzer durumlar görülmüştür. K⁺ dozları arttıkça bitkilerin yapraklarındaki klorofil miktarlarında artışlar olmuştur. Bitkinin tuzdan etkilenme düzeyi ile yapraklarda ölçülen MDA miktarı arasında ilişki bulunduğu görülmüş, MDA miktarındaki artış, K⁺ dozunun azalışı ile MDA miktarındaki düşüş K⁺ dozundaki artışla doğru orantılı çıkmıştır. Klorofil miktarı ile MDA ya göre tam tersi ilişki olmuştur. Kontrole göre tuz stresi uygulanmış ve düşük K⁺ dozunda klorofil miktarı düşerken K2 ve K4 dozlarında yükselme olmuştur. Bizim çalışmamızda da görüldüğü gibi potasyumun uygun dozlarının tuz stresi altında bile olsa hücrede iyon dengesini sağlayarak bitkiyi tuzun toksik etkisinden koruyabilmektedir. Aynı zamanda diğer koruyucu faktörlerden olan klorofil pigmentlerindeki artışına sebep olmaktadır.

Tuz stresi altındaki bitkilerde tuzluluğun dolaylı bir etkisi olarak fazla miktarda serbest radikaller sentezlenmekte ve bu radikallerin yapabileceği dokusal hasarı önlemek için bitkide antioksidatif savunma mekanizması uyarılmaktadır. K⁺ noksanlığı gösteren bitkilerde H₂O₂'yi yıkıcı enzimlerin miktarları da azalmaktadır. İyi bilinen diğer bir husus da kuraklık, tuzluluk ve yüksek ışık gibi çeşitli stres koşullarında foto oksidatif hasara karşı potasyumun koruyucu rolüdür. Çevresel stres koşulları altında, oksidatif zarara karşı kloroplastların korunmasında potasyum hayati öneme sahiptir.

Oksidatif zarar, K⁺ noksanlığı gözlenen bitkilerde, kloroplast hasarı yanında kloroz ve nekrozdan sorumlu ana faktördür (Cakmak, 1997).

Biber bitkilerine tuz ile birlikte uygulanan farklı potasyum dozlarını bitki yapraklarındaki CAT, APX ve SOD enzim aktivitelerinin her üçünde de uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılıkların olduğu görülmüştür. Enzimlerin her üçünde de en yüksek aktivite K1+Tuz uygulamasında meydana gelmiş ve potasyum dozları arttıkça enzim aktivitelerinde düşüşler meydana gelmiştir. Hatta K4+Tuz uygulamalarında CAT enzim aktivitesi kontrolle aynı istatistiksel değer aralığında yer almıştır. Bugüne kadar pek çok araştırmacı farklı tür ve çeşitlerle yapmış oldukları tuz stres çalışmasında genelde stres altındaki bitkilerin antioksidant enzim aktiviteleri çeşidin genetik yapısına bağlı olarak özellikle toleranslı çeşitlerde yükselme olduğu görülür. Bitkilerin tuzdan zararlanmamasının en önemli nedenini antioksidatif enzimlerin aktive olmasıyla bitki hücrelerini oluşturan radikal oksijen türevlerinin zararlı etkisinden korumalarından kaynaklı olduğunu savunmuşlardır (Gosset ve ark., 1994; Hernandez ve ark., 1995; Shalata ve Tal, 1998; Sreenivasulu ve ark., 2000; Yaşar 2003; Yaşar ve ark., 2006, 2007, 2008, 2014, 2016). Ancak, bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz antioksidant enzim aktiviteleri sonuçları ile MDA, Klorofil ve toplam bitki yaş ağırlıklarının sonuçlarını ve özellikle iyon birikimlerini bir bütün olarak değerlendirdiğimizde, özellikle K3+Tuz ve K4+Tuz uygulamalarında potasyumun bitkileri tuzun toksik etkisinden koruduğunu ve bitkiler strese girmediklerinden yada çok az girdiklerinden dolayı antioksidant enzimlerin aktivitelerinde düşüşlerin olduğunu söyleyebiliriz. Benzer şekilde Tuna ve ark., (2017) domates bitkisinde yapmış oldukları çalışmada farklı dozlarda tuz ile birlikte potasyum uygulamışlar ve tek başına tuz uyguladıklarında antioksidant enzimlerden CAT, SOD ve APX aktiviteleri kontrole göre artarken, Tuz+K uygulamalarında bu enzimlerin aktivitelerinde düşüşlerin olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak potasyumla birlikte yüksek tuz dozları uygulandığında enzim aktiviteleri yükselmiştir. Potasyumun bir etkisinin daha olduğunu söylemek mümkün, oda, yüksek dozda potasyum uygulanan bitkilerde tuzdan dolayı kloroz ve zararlanma görülmediği halde büyümeleri kontrol bitkileri kadar olmamasıdır. Potasyum metabolik aktiviteyi kontrol altında tutabilmek için bitki büyümesini sınırlandırarak bitkiyi kontrol edebilecek seviyede tutmuştur.

SONUÇ

Biber bitkilerine 100 mM'lık NaCl tuz stresi ile birlikte 116, 136, 156 ve 176 ppm dozlarında K^+ uygulanarak yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz veriler tuz stres metabolizmasının aydınlanmasına katkı sağlayacağı gibi potasyum iyonunun beslenmede özellikle stres metabolizmasında ne kadar önemli bir besin elementi olduğunu pek çok bakımdan görmüş olduk. Bu çalışma stres metabolizmasıyla ilgili bazı konuları aydınlatırken, bazı konularda da soru işaretlerini de ortaya çıkararak bundan sonraki çalışma konularımız hakkında bize ip uçları vermiştir.

Çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilerden çıkardığımız bazı sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Biber bitkilerine tuz ile birlikte yapılan potasyum uygulamalarında K^+ dozu arttıkça bitkilerin her üç organında da (Kök, Gövde ve Yaprak) Na^+ birikimi azalmıştır.
2. Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz ilginç sonuçlardan biriside K^+ iyonu dozu arttıkça biber bitkilerinin köklerindeki K^+ birikimlerinde azalmanın olduğu buna karşın özellikle yapraklarda potasyumun en yüksek dozunda kontrolle aynı miktarda K^+ iyonu birikiminin olduğu belirlenmiştir. Buda gösteriyor ki Na^+ ile K^+ arasında sadece alımlarda bir rekabet yok aynı zamanda taşınımında da ciddi bir rekabetin var olduğudur
3. Bitkilerde K^+ dozu arttıkça Cl^- birikiminde azalma olduğu görülmüştür.
4. Yaptığımız çalışmada, toplam bitki ağırlığı ve morfolojik bir gözlem olan skala değerlerinden de anlaşıldığı gibi yüksek K^+ dozlarının uygulandığı bitki grupları hem tuzdan daha az etkilenmiş hemde mikro element (Fe^{+2} , Zn^{+2} , Mn^+ , Cu^{+2} ve Mg^+) birikimlerinde azalma olduğu görülmüştür. Aynı uygulamalarda K^+ alımlarında artışların olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre biber bitkisi stres anında en çok ihtiyaç duyduğu besin elementi K^+ elementi olabilir.
5. Bizim çalışmamızda da görüldüğü gibi potasyumun uygun dozlarının tuz stresi altında bile olsa hücrede iyon dengesini sağlayarak bitkiyi tuzun toksik etkisinden koruyabilmektedir. Aynı zamanda diğer koruyucu faktörlerden olan klorofil pigmentlerinde artışına sebep olmaktadır.

6. Çevresel stres koşulları altında, oksidatif zarara karşı kloroplastların korunmasında potasyum hayati öneme sahiptir.
7. Biber bitkilerine tuz stresi ile birlikte farklı dozlarda potasyum uygulanmasıyla, potasyumun düşük dozunda antioksidatif enzim aktiviteleri çok yüksek olurken, yüksek potasyum dozunda aktiviteler düşmeye başlamıştır.

Acaba büyümeyi kontrol altında tutabilecek hangi metaboliti nasıl kullanmıştır? İşte cevaplanması gereken önemli sorulardan biride budur. Bu sorunun cevabını bulabilmek için

1. Stoma hareketliliği ve fotosentez ilişkileri
2. Fotosentezdeki enzim faaliyeti
3. Fotosentezde üretilen asimilatların miktarı ve birikimi. Acaba ürettiği asimilatların ne kadarını kullanıp, ne kadarını biriktirmiştir.
4. Bütün bu metabolik faaliyetleri dengede ve kontrol altında tutabilmek için ürettiği herhangi bir proteinin var mı? Bütün bu soruların cevabı bundan sonra yapılacak çalışmalarla aranmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akman, Z., 2009. Effects of plant growth regulators on nutrient content of young wheat and barley plants under saline conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **8** (10); 2018-2021.
- Aktaş, H., 2002. *Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kalıtımı*.(doktora tezi basılmamış) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 105 s.
- Aktaş, H., Abak. K., Cakmak, I., 2006. Genotypic Variation in The Response of Pepper to Salinity. *Scientia Hort.* **110**: 260-266.
- Alam, S. M., 1999. *Nutrient uptake by plants under stress conditions, in Pessarakli, M.: Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York, pp. 285–314. An Introduction to ,nutrient Management. Prentice-Hall, Inc., London, 406–425.
- Amal, M. E., Abdel-Hamidheba, I., Mohamed., 2014. The Effect Of the exogenous gibberellic acid On Two Salt Stressed Barley cultivars, *European Scientific Journal February*, **10**; 1857 – 7881.
- Anaç, D., Aksoy, U., Anaç, S., Hepaksoy, S., Can, Z., 1998. *Potassium and leaf water Relations under saline conditions, Sciences Registration IPI satellite program*.
- Andrews, J., 1999. *The Pepper Trail*:History Recipes from Around the World.
- Anonim, 2017a. Biberin anavatanı ve yayılışı. www.dunyagida.com.tr. Erişim tarihi 25.07.2017.
- Anonim, 2017b. Biberin bilimsel sınıflandırılması. www.wikipedia.org/. Erişim tarihi 06.08.2017.
- Anonim, 2017c. Türkiye biber üretimi [.http://tuik.com/](http://tuik.com/). Erişim tarihi 16.05.2017.
- Anonim, 2017d. Biber. www.girebi.com/soframızın-vazgeçilmezi-sebzeler-aslen-nereli Erişim tarihi:08.06.2017.
- Asada, K., Takahashi, M., 1987. *Production and scavenging of active oxygen radicals in photosynthesis*. In: D.J.Kyle et al. (Eds.) Photoinhibition. Elsevier, Amsterdam, 227-297.

- Aydemir, T., Erez, Z., 2010. NaCl stresine karşı *Lens culinaris*'in biyokimyasal ve fizyolojik cevabı. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2): 89-104.
- Ayyıldız, M., 1990. *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, s.1-282, Ankara.
- Banuls, J., Primo-Milo, E. 1992. Effect of chlorid and sodium on gas Exchange parameters and water relations of Citrus plants. *Plant Physiology*, 78: 238-246.
- Bennet, W. F., 1994. *Nutrient Deficiencies and Toxicities In Crop Plants*. The American Phytopathological Society. St Paul, Minnesota. Press 202p.
- Beringer, H., Trolldenier, G., 1978. Influence of K nutrition on the response to environmental stresses. In: Potassium Research – Reviews and Trends". *International Potash Institute*, Basel, Switzerland, pp. 189-222.
- Bernstein, N. A., 1967. The co-ordination and regulation of movements. **Oxford : Pergamon Press**.
- Brugnoli, E., Lauteri, M., 1991. Effects of Salinity on Stomal Conductance, Photosynthetic Capacity, and Carbon Isotop Discrimination of Salt Tolerant (*Gossypium hirsutum*L.) and Salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C₃ Nonhalofites. *Plant Physiology*, 95; 628-635.
- Bohnert, H.J., Sheveleva, E., 1998. Plant stress adaptations making metabolism move. *Current Opinion in Plaant Biology*, 1: 267-277.
- Bohra, J.S., Doerffling, K., 1993. *K nutrition of rice (O. sativa L.) varieties under NaCl salinity*. *Plant and Soil*. 152 (2): 299-303.
- Cakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium defficiency and hilight intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, 98: 1222-1226.
- Cakmak, I., 1994. Activity of ascorbate-dependent H₂O₂ scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhancend in magnesium and potassium deficient leaves, but nat in pohsphorus deficient leaves. *Journal Of Experimental Botany*, 45; 1259-1266.

- Çakmak, I., 1997. Role of Potassium in protection of higher plants against photo-oxidative damage. In: Proc. **Regional Workshop of the International Potash Institute**, Bornova, İzmir, Turkey, 26-30 May 1997.
- Chartzoulakis, K.S., Klapakı, G., 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia horticulturae**, **86** (33); 247–260.
- Cornillon, P., Palloix, A., 1997. Influence of sodium chloride on the growth and mineral content of pepper cultivars. **Journal Plant Nutrition**, **20** (9); 1085-1094.
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, S. F., 1985. Stress Terminology. **Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği**. Atatürk Üniversitesi. Çevre Sorunları Araştırma Merkezi.
- Çiçek, N., Çakırlar, H., 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. **Bulgarian Journal Plant Physiology**, **28** (1–2); 66–74.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz toleransı mekanizmaları. **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **11**; 11-34.
- Daşgan, H. Y., Aktaş, H., Abak, K., Çakmak, İ., 2002. Determination of Screening Techniques to Salinity Tomatoes and Investigation of Genotype Responses. **Plant**, **16**; 695-703.
- Daşgan, H.Y., Koç, S., Ekici, B., 2006. Bazı fasulye ve börülce tiplerinin tuz stresine tepkileri. **Alatırım Dergisi** **5**(1); 23 –31.
- Daşgan, H.Y., Koç, S., 2009. Evaluation of Salt Tolerance in Common Bean Genotypes by Ion Regulation and Searching for Screening Parameters. **Journal of Food, Agriculture Environment**, **7** (2); 363-372.
- Demiral, M. A., 2004. Effect of Cultivars on uptake and translocation of sodium and chloride in olive (*Olea Europaea* L.) plant. **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **1** (2); 5-12.
- Demiral, M. A., 2005. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **29**; 267-274.
- Demiral, K., Çamoğlu, G., İnalpulat, M., Kahraman, F., Genç, L., 2014. Tuz ve potasyum uygulamalarının mısırın yaprak su durumu ile bazı agronomik ve yansıma özelliklerine etkileri. **Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**. **2** (1); 1–9.

- El Gassar, A.M., El-Azad, E. M., Shehata, M., 1979. Effect of irrigation with fraction of sea water and drainage water on growth and mineral composition of young grapes, guavas, oranges and olives. *Alexandria Journal Agriculture Research*, **27**; 207-219.
- Emerman, S.H., Dawson. T.E., 1996. The role of macrospores in the cultivation of bell. Flowers, T. J., 1988. Chloride as a nutrient and as an osmoticum. In. Tinker B., Lauchli A., Eds. *Advances in Plant Nutrition*, **3**; 55-78.
- Flowers, T., Yeo, A., 1995. Breeding for Salinity Resistance in Crop Plants: Where Next? *Functional Plant Biolog*, **22** (6); 875–884.
- Forth, H. D., Ellis, B. G., 1988. *Soil Fertility*. John Wiley and Sons, New York. p: 212 .
- Gossett, D.R., Millollon, E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant Response to NaCl Stress in Salt – Tolerant and Salt-Sensitive Cultivars of Cotton. *Crop Science*, **34**: 706- 714.
- Güneş, A., Post, W. H. K., Kirkby, E. A., Aktaş, M., 1994. Influence of partial replacement on nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. *Journal of Plant Nutrition*, **17** (11); 1929-1938.
- Hartmann, H. T., Uriu, K., Lilleland, O., 1966. Olive nutrition,. In: N.F. Childers (ed.) Temperate to Tropical Fruit Nutrition. *Horticultural Publications*, The State University, Rutgers. 252-261.
- Hernández, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., del Río, L.A., 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplast of pea plants. *Plant Science*, **105**:151–167.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1938. The Water Culture Method for Growing Plants Without Soil. *Circular California Agricultural Experiment Station*, **1**; 347-461.
- İnal, A., Güneş, A., Aktaş, M., 1995. effects of chloride and partial substitution of educed forms of nitrogen for nitrate in nutrient solution of the nitrate, total nitrogen ans chlorine contents of onion. *Journal of plant nutrition*, **18**; 2219-2227.
- Jensen, J. R, Tophoj H., 1985. Potassium induced improvement of yield response in barley exposed to soil water stress. *Irrigation Science*, **6**, 2; 117-129.

- Kacar, B., 1994. *Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri*. III Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları:3, Ankara, 703s.
- Kacar, B., A. V. Katkat ve Ş. Öztürk., 2002. *Bitki Fizyolojisi Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198*, Vipaş A.Ş. Yayın No: 74. Livane Matbaası, İstanbul. s: 563.
- Kacar, B., 2005. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi'nin 50. Kuruluş Yılı Etkinlikleri, Çalıştay, 3-4 Ekim, Eskişehir*, s: 20-31.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **18** (4): 723-740.
- Karanlık, S., 2001. *Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması*. (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.
- Kaya, C., Higgs, D., Kirnak, H., 2001. The effects of high salinity and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian. *Journal Plant Physiology*, **27** (3-4); 47-59.
- Kaya, C., Higgs, D., 2003. Supplementary KNO₃ Improves Salt Tolerance in Bell Pepper Plants, *Journal of Plant Nutrition*, **26** (7);1367-1382.
- Kaya, C., L., Tuna., D., Higgs, 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, **29**(8); 1469-1480.
- Kemmler, C., Krauss, A., 1971. *K and stress tolerance Büntheof Agriculture* Research station of Kali und Salz A. C. Bünteweg 8, D-3000 Hannover.
- Khanouja, S. D., Chaturvedi, K. N. J., Garg, V. K., 1980. Effect of exchangeable sodium percentage on the growth and mineral composition of Thomson Seedless grapevine. *Science Horticultural*, **12** (1); 47-53.
- Kreji, C., 1999. Production, Blossom-End Wet and Uptake of Sweet Papper as Affect by Sodium, Cation Ration and EC of The Nutrition Solution. *Graterbauwissenschaft*, **4**, 158-164.

- Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, S., Abak, K., Yaşar, F., 2007. Responses of Some Melon (*Cucumis* sp.) Genotypes to Salt Stress. *Journal of Agricultural Sciences*, **13** (4); 395-404.
- Lauchli, A., Pflüger, R., 1978. Potassium Transport Through Plant Cell Membranes and Metabolic Role of Potassium in Plants. : Potassium Research- Review and Trends. Potash Inst. Bern. p:111-163.30.
- Levitt, J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Volume II, 2nd ed. Academic Press, New York, pp:607.
- Litifi, A., Beek, J. G., Van-de-Beek, J. G., 1992. Capsicum- Newsletter. *Special Issue, 51-56, Eucarpia VIII th*. Meeting on Genetics and Breeding on Capsicum and Egg Plant, Rome, Italy, 7-10 September, 6 ref.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza satival.*) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, **78** (3); 389-398.
- Luna, C., Seffino, L. G., Arias, C., Taleisnik, E., 2000. Oxidative stress Indicators as selection tools for salt tolerance in *Chloris gayana*. *Plant Breeding*, 119:341-345.
- Maas, E. V., 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*.**1**: 12-26.
- Makela, P., Kontturi, M., Pehu, E., Somersalo, S., 1999. Photosynthetic response of drought and salt–stressed tomato and turnip rape plants to foliar- applied glycinebetaine. *Physiology Plant*, **105**: 45-50.
- Marschner H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Acad. *Press, London*.**889 pp**.
- Mahajan, S., ve Tuteja, N., 2000. Cold, *Salinity and Drought Stress*: An Overview. Archives of Biochemistry and Biophysics, 444, 139-158.
- Mini, C., Wahab, M.A., 2002. Effect of Withering on Quality of Chili. *Vegetable Science*,**29** (81); 82-83.
- Moreno, D.A, Pulgar, G., Romero, L., 2000. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. *Scientia Hort* **86**(3); 175-183.
- Munns, R., Termaat, A., 1986. Whole-plant responses to salinity. Aust. *Journal Plant Physiology*, **13**; 143-160.
- Munns, R., 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. *Plant Cell Environmet*, **28**; 239-250.

- Nieves, M., Cerda, A., Botella, M., 1991. Salt tolerance of lemon scions measured by leaf chloride and sodium accumulation. *Journal Plant Nutrition*, **14**, 623-636.
- Özcan, H., Turan, M.A., Koç, Ö., Çıkılı, Y., Taban, S., 2000. Tuz stresinde bazı nohut (*Cicer aietinum* L.) çeşitlerinin gelişimi ve prolin, sodyum, klor, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarındaki değişimler. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, **24**; 649- 654.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: *a Review, Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**, 324-349.
- Page, A., Chang, A., Adriano, D., 1990 Deficiencies and toxicities of trace elements. *Agric Salinity Assess Manage* **71**: 138-160
- Pimpini, F., 1967. Experiments with the mineral fertilization of sweet pepper. Prog . Agric. *Bologna* **13**: 915-932
- Preusser, E., Khalil, F., Göring, H., 1981. Regulation of Activity of the Granulebond Starch Synthetase by Monovalent Cations. Biochem. *Phsiol Pflanzen journal*, **176**: 744 752.
- Robinson, S.P., Downton, W, J, S., Millhouse, J. A., 1983. Photosynthesis and Ion Content of Leaves and Isolated Chloroplasts in Relation to Ionic Compartmentation in Leaves. *Agricultural Biochemistry Biology*, **228**:197-206.
- Roorda van Eysinga, J. P. N. L., Smilde, K. W., 1981. *Nutritional Disorders in Glasshouse Tomatoes, Cucumbers and Lettuce*. Centre for Agric. Pub.and Documentation. Wageningen, NL.
- Salin, M.L., 1987. Toxic Oxygen Species and Protective System of The Chloroplast. *Physiology Plant*, **72**: 681-689.
- Sajyad, M. S., 1986. Evaluation of wheat germplasm for salt tolerance. *Rachis*, **5** (1);28 31.
- Sas-Institut, 1985. Sas/State User's Guide 6.03 ed. SAS. Institute. Cary, North Carolina.
- Shannon, M. C., 1984. Salt tolerance among muskmelon genotypes during seed emergence and seedling growth.

- Shannon, M. C., Grieve, C. M., 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, **78**: 5-38.
- Sharma, D. P., 1980. Effect of Using Salinity Water to Supplement Canal Water Irrigation on The Crop Growth of Rice. *Current Agricultural*. **4**; 79-82.
- Sharma, S. K., 1990. Effect of Salinity on Internal Distribution of Na, K and Cl and the Mechanism of Salt Injury in Chickpea. *Plant Physiology and Biochemistry*, **17** (1); 41-47.
- Shalata, A., Tal, M., 1998. The Effect of Salt Stress on Lipid Peroxidation and Antioxidants in The Leaf of the Cultivated Tomato and Its Wild Salt-Tolerant Relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiology Plant*, **104**: 169-174.
- Sherif, M. A., T. R. El-Beshbeshy C. Richter. 1998. Response of some Egyptian varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) to salt stress through potassium application. *Bulletin of Faculty of Agriculture, University of Cairo* **49**: 129-151.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W., 2000. Differential response of Antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive Seedling of fox-tail millet (*Setaria italica*). *Physiology Plant*, **109**; 435-442.
- Streb, P., Feirabend, J., 1996. Oxidative Stress Responses Accompanying Photoinactivation of Catalase in NaCl-Treated Rye Leaves. *Botanica Acta*, **109**; 125-132.
- Suhayda, G. G., Redmann, R. E., Harvey, B. L., Cipywnyk, A. L., 1992. Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. *Crop Science*, **32**; 154-163.
- Tattini, M., Bertoni, P., Caselli, S., 1992. Genotypic responses of olive plants to sodium chloride. *Journal of Plant Nutrition*, **15**: 1467-1485.
- Tattini, M., Ponzio, C., Coradeschi, M. A., Tafani, R., Traversi, M. L., 1994. Mechanism of salt tolerance in olive plants. *Acta Horticulturae*, **356**: 181-184.

- Tattini, M., Lombardini, L., Gucci, R. 1997. The effect of NaCl stress and relief on gas exchange properties of two olive cultivars differing in tolerance to salinity. ***Plant and Soil*,197:** 87-93.
- Taleisnik, E., Peyran, G., Arias, C., 1997. Respose of *Chlorisgayana* Cultivars to Salinity. 1. Germination and Early Vegetatif Growth.***Tropical Grassland*, 31:** 232-240.
- Tester, M., Blatt, M., 1989. Direct Measurement of K Channels in Tylakoid Membrans by İncorporation of Yesicles into Planar Lipid Bilayers. *Plant Physiol.* 91: 249 – 252.
- Therios, I. N., Misopolinos, N. D.,1988. Genotypic response to sodium chloride salinity.
- Tıprıdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ő., 1994. ***Domates Genotiplerinde Tuza Dayanıklılığın Belirlenmesinde Değişik Tekniklerin Kullanımı***. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1358, Bilimsel Araştırma ve İnceleme 752, 21s.of four major olive cultivars (*Olea europea*. L.). ***Plant and Soil*, 106:** 105-111.
- Tuna, A., Yıldıztekin, M., Köşkeroğlu, S., Yokaş, İ., 2017. Tuz Etkisi Altındaki Domates Bitkisinde Potasyum ve Kalsiyum Antioksidatif Sistemi Etkiler mi?. Türkiye ***Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4 (1)**, 71-78. DOI: 10. 19159 /tutad. 300711.
- Turhan, H., Genç, L., Bostancı, Y.B., Sümer, A., Kavdır, Y., Türkmen, O.S., Killi, D., 2006. Tuz stresinin ayçiçeği (*Helianthus Annuus* L.) üzerine etkilerinin yansıma teknikleri yardımıyla belirlenmesi. **1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli**. 27 Kasım. İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Usherwood, N. R., 1985. The Role of K in Crop Quality. In *K Agriculture ASACSSA-SSSA*, Madison, WI.
- Uzal Ö., 2017 The Effect Of GA3 Applications At Different Doses On Lipidperoxidation, Chlorophyll, And Antioxidant Enzyme Activiyyies In Pepper Plants Under Salt Stress", ***Fresenius Environmental Bulletin*, vol.26**, no.8, pp.5283-5288.

- Üzal, Ö., 2009. *Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinde Jasmonik Asitin Bitki Gelişimi ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi*. (Doktora Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Üzal, Ö., Yıldız, K., 2014. Bazı çilek (*Fregaria x ananassa* L.) Çeşitlerinin Tuz stresine Tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **24**, 159-167.
- Winsor, G. Adams., 1987. Diagnosis of mineral disorders in plants, volume 3, glasshouse crops. Glasshouse crops research institute, little hampton, west sussex, u.k., 1.
- Wien, H.C., 1997. The physiology of vegetable crops. *CAP International*. The Cambridge Uni., in press. UK., 259-293.
- Villora, G., Moreno, D.A., Pulgar, G., Romero, L., 2000. Yield improvement in zucchini under salt stress: Determining micronutrient balance. *Science Horticultural*, **86**: 175-183.
- Yakit, S., Tuna, A.L., 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **19** (1), 59-67.
- Yasar, F. 2003. Investigation of some antioxidant enzyme activities in eggplant genotypes grown under salt stress in vivo and in vitro. Yuzuncu Yil University, Institute of Natural and Applied Sciences, PhD Thesis, pp139, Van-Turkey.
- Yaşar, F., 2003. *Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin invitro ve in vivo Olarak İncelenmesi*. (doktora tezi basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bil. Enst., Van.
- Yasar, F., Uzal, O., Tufenkci, S., Yildiz, K., 2006a. Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stress. *European Journal of Horticultural Science*, **71**, 169-172.
- Yaşar, F., Kuşvuran, S., Ellialtıoğlu, S., 2006b. Determination of antioxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology*, **81**(4):627-630.

- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S., Kusvuran, S., 2006c. Ion and Lipid Peroxide Content in Sensitive and Tolerant Eggplant Callus Cultured Under Salt Stress. *European Journal Horticultural Science*, **71** (4), 169- 172.
- Yaşar, F., Özpáy, T., Üzal, Ö., Ellialtıoğlu, Ş., 2006. Karpuzun Tuz Stresine Olan Tepkisinin Belirlenmesi. *6. Sebze Tarımı Sempozyumu*. 19-22 Eylül 2006. Kahramanmaraş. 250-252.
- Yasar, 2007. Effects of salt stress on ion and lipid peroxidation content in green beans genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, **19(2)**: 1165-1169.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Gürbüz Kılıç, Ö., Üzal, Ö., 2007a. Fasulye Genotiplerinin (*Phaseolus vulgaris L.*) Artan Tuz Konsantrasyonu ve Farklı Zamanlardaki Gelişim Performansları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **12**, 54-58.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu Ş., Özpáy, T., Üzal Ö., 2007b. Karpuz (*Citrillus lanatus*) Genotiplerinde, Tuz Stresinden Kaynaklanan Oksidatif Zararlanmanın Zamana Göre Değişimi ve Skala İle İlişkisinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **12**, 59-64.
- Yasar, F., Ellialtıoğlu S., Yıldız, K., 2008a. Effect of Salt Stress on Antioxidant Defense Systems, Lipid Peroxidation, and Chlorophyll Content in Green Bean, *Russian Journal of Plant Physiology*, **55**, 782-786.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Özpáy, T., Ellialtıoğlu, Ş., 2008b. Tuz Stresinin Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.) Antioksidatif Enzim (SOD,CAT,APX ve GR Aktivitesi Üzerine Etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (YYU J AGR SCI)*, **18**, 51-55.
- Yaşar, F., Uzal, Ö., Özpáy, T., 2010. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress, *African Journal of Agricultural Research* Vol. **5**(19), pp. 2705-2709.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Yaşar, Ö., 2013. Identification of Ion Accumulation and Distribution Mechanisms in Watermelon Seedling (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.) Grown Under Salt Stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **23**. 209-214.

- Yaşar F., Üzal Ö., Köse Ş., Yaşar Ö., Ellialtıoğlu S., 2014 "Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita* spp) species under drought stress", *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.23, pp.1093-1099.
- Yasar, F., Uzal, O., Yasar, O., 2016. Antioxidant Enzyme Activities And Lipid Peroxidation Amount of Pea Varieties (*Pisum sativum* sp. Arvense L.) Under Salt Stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, **2**, 37-42.
- Yıldız, M., Terzi, H., Cenkçi, S., Terzi, E.S.A., Uruşak, B., 2010. Bitkilerde tuzluluğa toleransın fizyolojik ve biyokimyasal markörleri. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, **1**(1):1-33.
- Yurtseven, E., 2000. Patlıcanda (*Solanum melongena* L.) Su Tüketimine Tuzluluğun Etkisi. *Topraksu Dergisi*, Sayı: **2**, Ankara.
- Yurtseven, E., Öztürk, H.S., 2001. Sulama Suyu Tuzluluğunun Tınlı Toprakta Profil Tuzluluğuna Etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara. Zone. Archon Books, 770 pp.
- Zeng, L., Poss, J., Wilson, C., Draz, A.S.E., Grieve, C.M., 2003. Evaluation of Salt Tolerance in Rice Genotypes by Physiological Characters. *Euphytica*, **129**: 281–292.
- Zhu, J.K., 2003. Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biology*, **6**; 441-445.

ÖZ GEÇMİŞ

Ömer ÖZTAŞ, 1991 yılının Mayıs ayında Hakkari/Çukurcanın Narlı köyünde dünyaya geldi. İlkokulu ve ortaokulu Yunus Emre İlköğretim okulunda tamamladıktan sonra Hakkari Lisesinde lise öğrenimini bitirdi. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinde, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümünden lisans eğitimini tamamladı. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 21/03/2018

Tez Başlığı / Konusu: Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Potasyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 67 sayfalık kısmına ilişkin, 21/03/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 14 (ONDÖRT) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

21.03.2018
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ömer ÖZTAŞ

Öğrenci No:149101090

Anabilim Dalı: Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Programı: Tezli Yüksek Lisans

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

Prof. Dr. Fikret YAZAR

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)