

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

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ömihan YILDIRIM
DANIŞMAN: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

VAN-2019

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

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ömihan YILDIRIM

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2018-6578**
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Fikret YAŞAR danışmanlığında, Ömihan YILDIRIM tarafından sunulan “**Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Kalsiyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 10/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

İmza:

Üye: Doç Dr. Funda YOLDAŞ

İmza:

Üye: Doç Dr. Özlem ÜZAL

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../.....tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdür

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.

.../.../2019

İmza

Ömihan YILDIRIM

ÖZET

TUZ STRESİ ALTINDAKİ BİBER BİTKİSİNE KALSİYUM UYGULAMALARININ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YILDIRIM, Ömihan
Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fikret YAŞAR
Haziran 2019, 74 Sayfa

Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarı iklim odasında ve su kültüründe yürütülmüştür. Demre biber çeşidinin kullanıldığı çalışmada tuz stresi altındaki biber bitkisine farklı dozlarda uygulanan kalsiyumun (Ca) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılmıştır. Çalışma kontrollü şartlardaki 16/8 saatlik aydınlık/ karanlık fotoperiyotta, 25°C’de ve %70 nemli iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı, yaprak sayısı, bitki boyu ve bitki boğum arası mesafeleri ölçülmüştür. Ayrıca bitkilerin tuza dayanım skalaları belirlenmiştir. Stres altındaki bitkilerde meydana gelen biyokimyasal değişiklikleri belirlemek amacıyla bitki yapraklarındaki klorofil ve MDA (Malondialdehit) miktarları ile bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki iyon miktarları (Na, K, Ca, Cl, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn) ve antioksidant enzim aktiviteleri (Katalaz (CAT), Askorbat peroksidaz (APX), Süperoksit dismutaz (SOD)) belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki bitkilere uygulanan kalsiyumun dozu arttıkça bitkilerin klorofil miktarlarında artış olurken, bitki hücrelerindeki hasarın miktarını gösteren lipid peroksidasyonun ürünü olan MDA (Malondialdehit) miktarlarında ise düşüşe sebep olmuştur. Bu sonuçlara paralel olarak bitkiler strese girmedikleri için ya da çok az stres oluştuğu için her üç enzim aktivitesinde Ca doz artışına bağlı olarak düşüşler olmuştur. Tuzlu ortamda artan düzeyde kalsiyum, NaCl’nin zararlı etkisini azaltıcı ve/veya ortadan kaldırıcı yönde olmak üzere bitkide makro element miktarları üzerine genellikle olumlu etki yapmıştır. Na ve Cl iyonlarının birikiminin ise Ca dozu arttıkça kök, gövde ve yapraklarda düştüğü belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki biber fidelerine artan dozlarda Ca uygulamalarının tuzun olumsuz etkisini azaltmada kısmen de olsa etkili olduğu yapılan ölçüm ve analizler sonucunda söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Antioksidant enzim aktiviteleri, Biber (*Capsicum annuum*), İyon birikimleri, Kalsiyum, MDA, NaCl, Tuz stresi



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CALCIUM APPLICATIONS ON PEPPER UNDER TREATMENT OF SALT STRESS

YILDIRIM, Ömihan
M. Sc. Thesis, Horticulture Science
Supervisor: Prof. Dr. Fikret YAŞAR
June 2019, 74 Pages

In this study, Physiology laboratory of Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture was carried out in a climate chamber and water culture. Demre pepper varieties are used in the study of different levels of calcium (Ca) morphological and biochemical effects of pepper plants under salt stress were investigated. The study was carried out in 16/8 hour light / dark photoperiod, 25 °C and % 70 humid climate chamber in controlled conditions. In this study, root weight, body weight, leaf weight, number of leaves, plant height and plant distances were measured. In addition, salt resistance scales were determined. In order to determine the biochemical changes occurring in stressed plants, the amounts of chlorophyll and MDA (Malondialdehyde) in plant leaves and the amount of ions (Na, K, Ca, Cl, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn) and antioxidant enzyme activities in root, stem and leaves of plants. (Catalase (CAT), Ascorbate peroxidase (APX), Superoxide dismutase (SOD)) were determined. While the dose of calcium administered to plants under salt stress increased, the chlorophyll content of plants increased, while the amount of MDA (Malondialdehyde), which is the product of lipid peroxidation showing the amount of damage in plant cells, decreased. Since the plants were not stressed or very little stress occurred in parallel to these results, there were decreases due to Ca dose increase in all three enzyme activities. Increased levels of calcium in the saline environment have generally had a positive effect on the amount of macro elements in the plant, in the direction of reducing and / or eliminating the harmful effect of NaCl. The accumulation of Na and Cl ions was found to decrease in root, stem and leaves as the dose of Ca increased. It can be said that increasing doses of Ca applications under salt stress are partially effective in reducing the negative effects of salt.

Keywords: Antioxidant enzyme activities, Calcium, Ion accumulation, MDA, NaCl, Salt stress, Pepper (*Capsicum annum*)



ÖN SÖZ

Tüm bitkilerde olduğu gibi biber yetiştiriciliğine olumsuz iklim ve ekolojik koşullar sınırlayıcı bir etkiye sahiptir. Optimum çevre koşullarında meydana gelen her türlü artış ya da azalış bitkide büyüme ve gelişmeyi sınırlamaktadır. Bitkinin yetişmesini sınırlayıcı her türlü faktör “stres” olarak adlandırılmaktadır. Stres faktörü ise yetişme durumunu olumsuz etkilediği için bitki veriminin düşmesine neden olmaktadır.

Çalışmada, tuz stresi altındaki biber bitkisinde kalsiyum (Ca) etkisinin morfolojik ve biyokimyasal boyutu araştırılmıştır. Yapmış olduğumuz çalışmada tuz stresine maruz bırakılmış biber bitkisine Ca’lu bileşenler uygulanarak, yapılan uygulamanın tuz stresi üzerindeki olumlu etkilerinin olduğu saptanmıştır.

Tez çalışmamda öncelikle her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, tecrübelerini bizlere aktararak, akademik hayatta zorlukların birlikte çalışarak üstesinden gelebileceğimizi bizlere öğreten değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fikret YAŞAR’a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca benden bir an olsun bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Özlem ÜZAL’a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tezime katkılarından dolayı Sayın Doç. Dr. Funda YOLDAŞ’a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamın yürütülmesinde laboratuvar çalışmalarında bana destek veren Zir. Yük. Müh. Halide TUĞA’a sonsuz teşekkür ederim.

Van’a her geldiğimde bana ailece kucak açan değerli arkadaşlarım Zir. Müh. Nalan ÇİFTÇİ, Zir. Müh. Kesra YEMEN, Zir. Yük. Müh. Şerif KARATEKİN, Zir. Müh. M. Sıddık BAYTİN ve Zir. Müh. Müjdat TÜRKOĞLU’ya ayrı ayrı sonsuz teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemi sağlayan maddi ve manevi desteğini hiç eksik etmeyen her zaman yanımda oldukları ve sonsuz güvenleri için aileme sonsuz teşekkür ederim. Kardeşim Özgür YILDIRIM’a tez çalışmamda bana yardımcı olduğu için teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın yürütülmesinde **FLY- 2018- 6578** nolu proje ile madde destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

2019

Ömihan YILDIRIM



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Biber (<i>Capsicum annum L.</i>).....	1
1.2. Dünya’da ve Türkiye’ de Tuzluluk Durumu	3
1.2.1. Tarımsal üretimde tuz stresi ve önemi.....	4
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. Bitki materyali	25
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1. Temel bazı büyüme parametrelerinin belirlenmesi	29
3.2.2. 1-5 Skalası ile değerlendirme	29
3.2.3. Mineral element analizleri	30
3.2.4. Klorofil analizi.....	31
3.2.5. Lipid peroksidasyonu	32
3.2.6. Spektrofotometrik enzim aktiviteleri.....	33
3.2.7. Değerlendirmelerin yapılması	34
4. BULGULAR	35
4.1. Bitki Gelişimiyle İlgili Özellikler	35
4.1.1. Yapraklardaki semptomlara göre skala değerleri	37
4.1.2. Bitki organlarındaki iyon birikim miktarları	38
4.1.3. Lipid peroksidasyonu (MDA içeriği) ve klorofil bakımından ortaya çıkan değişimler.....	52

	Sayfa
4.1.4. Antioksidant enzim aktiviteleri	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	57
KAYNAKLAR.....	65
ÖZ GEÇMİŞ.....	75



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Uygulamalardan sonra alınan örneklerde bazı büyüme ve gelişme parametreleri	35
Çizelge 4.2. Yapraklardaki semptomlara göre tuza dayanım skalası (puan).....	37
Çizelge 4.3. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Na elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)	38
Çizelge 4.4. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)	40
Çizelge 4.5. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+ / Na^+ oranı.....	41
Çizelge 4.6. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.).....	42
Çizelge 4.7. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca^+ / Na^+ oranı.....	43
Çizelge 4.8. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+ / Ca^+ oranı.....	44
Çizelge 4.9. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.)	45
Çizelge 4.10. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.)... 46	
Çizelge 4.11. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.).... 47	
Çizelge 4.12. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.) 49	
Çizelge 4.13. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.).... 50	
Çizelge 4.14. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.)... 51	
Çizelge 4.15. Uygulamalardan alınan yaprakların MDA ve Klorofil içerikleri (μ mol/g T.A.)	52
Çizelge 4.16. Her bir uygulamalardan alınan bitkilerin yaprağındaki Katalaz (CAT), Askorbat peroksidaz (APX), Süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri (SOD) (mol/min/mg T.A.)	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan Demre sivri biber çeşidine ait tohum resmi.....	25
Şekil 3.2. Sivri demre biber bitkisinin çimlenme aşaması.	26
Şekil 3.3. Bitkileri süngerle sarıp delikli plastik küvetlere yerleştirilmesi.....	26
Şekil 3.4. Biber bitkisinin havalandırma ve su kültürüne alınma aşaması.	26
Şekil 3.5. Çalışma sonunda bitkilerin genel durumları.	27
Şekil 3.6. İyon analizinde yaş yakma metodu ile süzüklerin hazırlanması aşaması.	30
Şekil 3.7. Klorofil analizinde yapılan işlemler (a: Örneklerin %80'lik etanol içerisinde bekletilme aşaması, b:Sıcak su banyosunda bekletilme aşaması, c:sıcak su banyosuna alınmadan önceki hali.).....	31
Şekil 3.8. Spektrofotometrede okumanın yapılması.....	32
Şekil 3.9. Lipid peroksidasyonu aşamaları (a: alınan yaprak örneklerinin havanda ezilme aşaması, b) yapılan ezilme işleminin tüplerde görünümü).....	32
Şekil 3.10. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizleri yapılma aşamaları (1: örneğin sıvı azotta öğütülme aşamaları, 2: öğütülmüş örneği tüpe alınması, 3:örneğin vortexte homojen şekilde dağılması).	33
Şekil 3.11. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizleri yapılma aşamaları. Şekil 4,5: örneğin süzülme ve kar içinde bekletilme aşaması, 6: santrifüj edilme aşaması, 7: süpernetanın alınma aşaması, 8:spektrofotometrede okumanın yapılması.	34
Şekil 4.1. Bitkilerin kök, gövde, yaprak ve toplam bitki ağırlıkları, bitki boyu ve yaprak sayıları.....	36
Şekil 4.2. Morfolojik olarak en az ve en fazla tuzdan etkilenen bitkilerin görünümleri. 37	
Şekil 4.3. Sonlanan çalışmanın (20. Gün) skala oluşturulduğunda bitkilerin genel durumları (Kontrol, 1=Ca1+tuz, 2=Ca2+tuz, 3=Ca3+tuz, 4=Ca4+tuz, 5=Ca5+tuz)	38
Şekil 4.4. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Na ⁺ birikimleri ...	39
Şekil 4.5. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K birikimleri.....	40
Şekil 4.6. Kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K ⁺ / Na ⁺ oranları.....	41
Şekil 4.7. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca birikimleri.	43
Şekil 4.8. Kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca ⁺ / Na ⁺ oranları.....	44
Şekil 4.9. Kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K ⁺ / Ca ⁺ oranları.....	45
Şekil 4.10. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl birikimleri....	46
Şekil 4.11. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg birikimleri. . 47	

Şekil	Sayfa
Şekil 4.12. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu birikimleri... 48	
Şekil 4.13. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe birikimleri ... 49	
Şekil 4.14. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn birikimleri... 51	
Şekil 4.15. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn birikimleri.. 52	
Şekil 4.16. Uygulamaların MDA miktarı üzerine etkisi..... 53	
Şekil 4.17. Uygulamaların klorofil miktarı üzerine etkisi. 53	
Şekil 4.18. Uygulamaların CAT enzimi üzerine etkisi..... 54	
Şekil 4.19. Uygulamaların APX enzimi üzerine etkisi..... 55	
Şekil 4.20. Uygulamaların SOD enzimi üzerine etkisi..... 55	



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	Potansiyelinin hidrojen
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

Simgeler	Açıklama
Cl	Klor
Cu	Bakır
Fe	Demir
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
Zn	Çinko

Kısaltmalar	Açıklama
APX	Askorbat peroksidaz
ATP	Adenozin trifosfat
CAT	Katalaz
CaCl₂	Kalsiyum klor
CaCO₃	Kalsiyum karbonat
CaNO₃	Kalsiyum Nitrat
CO₂	Karbondioksit
DNA	Deoksiribo Nükleik asit
FAO	Food and Agriculture Organization
HNO₃	Nitrik asit
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
KNO₃	Potasyum nitrat
MDA	Malondialdehit
MgCl₂	Magnezyum klorür
MgSO₄	Magnezyum sülfat
Na₂CO₃	Sodyum karbonat
NaHCO₃	Sodyum bikarbonat
Na₂NO₃	Sodyum nitrat
Na₂SO₄	Sodyum sülfat

Kısaltmalar**Açıklama**

NBT	Nitroblue tetrazolium kloridin
O₂	Oksijen
RNA	Ribonükleik asit
SOD	Süperoksit dismutaz
TBA	Tiobarbütirik asit
TCA	Trikloroasetik asit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu





1. GİRİŞ

1.1. Biber (*Capsicum annum* L.)

Biber bitkisi Solanaceae familyasındaki *Capsicum* cinsi içinde bulunmaktadır. *Capsicum* cinsi 25 tür barındırmaktadır. Bu türler arasında ticari olarak üretimi yapılanlar 5 tanedir: *C. annum* L., *C. frutescens* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., ve *C. pubescens* Ruiz & Pav. Bunlardan en yaygın yetiştirilen ve ekonomik olarak önemli olan tür *Capsicum annum* L.'dir. Diğer türlerin ise zararlılar ve hastalık etmenlerine karşı dayanıklılık genlerini barındırmasıyla gen kaynağı olarak kullanıldığı ve önem taşıdığı ifade edilmektedir (Pernezny ve ark., 2003).

Dünya geneline yayılmış olan biberin Anavatanı Amerika'nın tropik ve subtropik ülkeleridir. Biberin Amerika'nın keşfinden sonra Christopher Columbus tarafından önce İspanya'ya getirildiği ve buradan 1548 yılında İngiltere'ye geçtiği ve 16. yy. sonlarından itibaren Orta Avrupa'da yetiştirilmeye başlandığı, daha sonra Portekiz'lilerin *Capsicum*'u Hindistan'a götürdüğü ve buradan da Çin'e geçtiği belirtilmiştir (Şalk ve ark., 2008). Colombus'la beraber yolculuk yapan Doktor Changa tarafından, İspanya'ya yazılan bir mektupta biber bitkisinden söz edilmektedir ve bu bilgiler biber hakkında yazılan ilk tarihi belgeleri oluşturmaktadır (Oraman, 1968; Bayraktar, 1970; Şalk ve ark., 2008).

Biber bitkisinin ülkemize Avrupa ülkeleri ile kurulan ilişkiler ile girdiği düşünülmeye 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 da 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. Diğer bir görüş olarak da Hindistan'dan Asya Kıtasına yayılan biberin, Afganistan ve İran üzerinden Türkiye'ye girdiği, buradan İstanbul'a ve bazı Doğu Avrupa ülkelerine

yayıldığı belirtilmiştir. Bu üç görüşün ortak noktası ise biberin ülkemize 15-16. yy. arasında Osmanlı İmparatorluğu döneminde birçok ülke ile yapılan ticaret ile girdiğidir.

Biber bitkisinin morfolojik özelliklerine bakıldığında kök yapısı kazık köklü, gövde kısmı büyümenin ilk dönemlerinde otsu yapıya, daha sonra gevrek ve kısmen odunsu bir yapı kazanır. Gövde üzerinde ana ve yan dallar meydana gelir. Yapraklar çeşidine göre farklılık gösterir. Biberde ortalama 2-3 çiçek bir arada bulunur. Tohumlar karanlıkta daha iyi çimlenir. Optimum çimlenme sıcaklığı 25-30 °C'dir. Çimlenme için minimum sıcaklık 10 °C'nin üzerinde olmalıdır. Tohumlar uygun şartlarda çimlenme kabiliyetlerini 2-3 yıl muhafaza ederler. Işık şiddetinin artması meyve teşekkülünü hızlandırır. Biber sıcaklık ve ışık yanında nemden de hoşlanan bir bitkidir (Anonim, 2018).

Gen kaynakları incelendiğinde biberin özellikle bitki gelişimi ve meyve şekli bakımından büyük varyasyonlar gösterdiği söylenebilmektedir (Vural ve ark., 2000; Votava ve Bosland, 2002). Bu farklılık özellikle sofralık ve süs biberlerinde daha belirgindir. *Capsicum annum* L. ve *Capsicum frutescens* L. olarak iki ana tür grubuna ayrılan biberlerin meyveleri oval, yuvarlak, uzun, yassı, silindirik veya küre şeklinde olabilmektedir. Benzer bir varyabilite sarı, kırmızı ve yeşil tonlarında değişen meyve rengi bakımından da gözlenebilmektedir (Vural ve ark., 2000). Bağcı (1965) biberleri şekil, renk, tat, koku ve değerlendirilme şekillerine göre dolmalık, uzun sivri, domates biberleri ve süs biberleri olarak gruplamıştır. Ancak bu gruplar kendi içerisinde de büyük varyasyon göstermektedirler.

TÜİK 2018 yılı verilerine göre örtü altı biber üretiminde dolmalık biber 100 253 ton, salçalık – kopya biber 152 242 ton, sivri biber 382 029 ton, çarliston biber 706 45 ton olarak kaydedilmiştir (Anonim 2019).

Biber meyvelerinde, özellikle tohumların bağlı olduğu meyve duvarında Capsaicin adlı bir madde bulunur. Capsaicin acılık maddesidir. Bütün biber tiplerinde az veya çok bulunur. Tatlı biberler yok denecek kadar çok az Capsaicin içerir. Capsaicin miktarı arttıkça acılıkta artar. Bazı sivri biber çeşitleri serada kışın tatlı iken yazın doğru sıcakta acılaşması kuru madde miktarına bağlı olarak Capsaicin asit miktarının artmasıyla ilgilidir (Dillingen, 1956). Fenolik yapıda olan düz zincirli alkil vanililamidlere, “kapsaisinoid”ler denir Kapsaisinoid üretimi olgunluk döneminde belirli bir değere ulaşmaktadır. Daha sonra parçalanarak en yüksek değer % 60'larına

kadar düşebilir (Contreras – Padilla ve Yahia, 1998). Kapsaisinoidler (Hoffman ve ark., 1989) farmakolojik açıdan iltihaplanma ve artrit ağrılarına karşı kullanılan güncel bir analjeziktir (De mejia ve ark., 1998). %90 oranında acılık değeri gösterdiği tespit edilen kapsaisin ve dihidrokapsaisi içerikleriyle (Contreras–Padilla ve Yahia, 1998), ağrı uyarılarına duyarlı nosiseptörler üzerine de benzer etki yapar (Szallasi ve Blumberg, 1999; Caterina ve Julius, 2001; Julius ve Basbaum, 2001) ve ağrı ve iltihaplanmaları azaltır, antimitojenik etki gösterir (Ramirez-Victoria ve ark., 2001; Macho ve ark., 2003; Morre ve Morre, 2003). Ayrıca yüksek bir antioksidan etkiye sahiptir (Lee ve ark., 1995).

1.2. Dünya’da ve Türkiye’ de Tuzluluk Durumu

Tuzluluk problemi, kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışın az, buharlaşmanın fazla olduğu alanlarda doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Toprak tuzluluğunun temel nedenleri arasında, çözünebilir tuzların toprak katmanlarında ve taban suyunda birikmesi veya mevcut taban suyunun yükselmesine bağlı olarak tuzların toprak yüzeyine taşınması, sulama suyunun kalitesizliği, sulama sularında aşırı düzeyde eriyebilir tuzların bulunması, yeterli drenajın olmaması ve kök bölgesinde tuz yığılması gösterilmektedir (Epstein ve ark., 1980; Stushnoff ve Quamme, 1983).

Özellikle kurak veya yarı kurak alanlarda etkili olan tuzluluk stresi hakkında yapılan araştırmalar bu durumun hiç de azımsanmayacak bir tehdit olduğunu ortaya koymaktadır. BM Çevre Programı ve ABD Ulusal Bilimler Akademisi tarafından yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen verilere göre, Dünya’daki verimli alanların yaklaşık olarak %50’lik bir kısmı ile tarım arazilerinin %20’lik kısmı tuzluluk tehdidi altındadır (Francois ve Maas, 1994; Flowers ve Yeo, 1995). Farklı araştırmalarda ise tarım topraklarının %40’lık kısmının tuzluluk tehdidi altında olduğuna değinilmektedir (Serrano ve Gaxiola, 1994).

Birleşmiş Milletler Çevre Programının tahminlerine göre, dünyadaki verimli alanların yaklaşık %50’si ile tarım arazilerinin %20’si tuzluluk tehdidi altındadır (Flowers ve Yeo, 1995). Yurdumuzda yaklaşık 1.5 milyon hektarlık toprak alanı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır ve bunun da %32.5’ini sulanabilir alanlar oluşturmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Gelecek 20 yıl içerisinde dünya genelinde bu

oranın %50 oranında artış gösterebileceği ön görülmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2013).

Yetiştirme alanları açısından biber, özellikle Akdeniz sahil şeridinde örtülü üretim veya seracılık olarak adlandırılan yöntemle yetiştirilen bir bitkidir. Bu yetiştirme alanları veya şartları nedeniyle biberin tuzluluk stresine maruz kalması durumu daha fazla olmaktadır. Nitekim biber yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda gerek alanların tuzlanması ve gerekse sulama sularından kaynaklı olarak tuz oranlarının artması söz konusudur (Maas, 1993). Sulama vb. nedenlerle Türkiye’de yaklaşık 4 milyon hektarlık toprak alanı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır ve bunun da %32,5’ini sulanabilir alanlar oluşturmaktadır (Sönmez, 1990; Yılmaz ve ark., 2011).

1.2.1. Tarımsal üretimde tuz stresi ve önemi

Optimum çevre koşullarında meydana gelen her türlü artış ya da azalış bitkide büyüme ve gelişmeyi sınırlamaktadır. Bitkinin yetişmesini sınırlayıcı her türlü faktör “stres” olarak adlandırılmaktadır. Stres faktörü ise yetiştirme durumunu olumsuz etkilediği için bitkinin veriminin düşmesine neden olmaktadır (Dağüstü, 2003; Kuşvuran, 2010).

Organizmada hasar oluşturma kapasitesi olarak bilinen stres faktörünü kendi içinde;

- Abiyotik stres: Kuraklık, tuzluluk, sıcaklığın uygunluğu, ışık stresi, rüzgâr kar ve buz örtüsü, hava kirliliği vb.
- Biyotik stres: Patojenler, yabancı bitkiler, böcekler, mikroorganizmalar, hayvanlar olarak ikiye ayırmak mümkündür.

Her bitkide olduğu gibi biber yetiştiriciliği konusunda da iklim özellikleri sınırlayıcı bir etkiye sahiptir. Hem doğal hem de tarımsal koşullar altında bitkiler, sıklıkla çevresel stres etmenlerine maruz kalır. Hava sıcaklığı gibi bazı çevresel faktörler kısa süreli stres oluştururken; topraktaki su içeriği gibi diğer etkilerin oluşturduğu stresler günlerce sürebilir (Taiz, 2008). Dolayısıyla bitkiler yaşamları süresince eş ya da farklı zamanlarda birçok biyotik ve abiyotik stres faktörü ile karşılaşabilmektedir. Bitkisel üretimde stres; bir veya birden fazla çevresel etkenlerin bitkiyi etkileyerek, büyümede yavaşlama ve verim düşüklüğüne neden olması şeklinde tanımlanabilir. Bitkide strese neden olan etmenler, hastalık oluşturanlar ve zararlılar gibi

canlı kökenli olabileceği gibi; tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, radyasyon ve besin elementlerinin eksiklikleri veya fazlalıkları gibi cansız kökenli de olabilmektedir (Yaşar, 2003; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2010).

Tuz stresinin etkilerine bakıldığında bitkilerde osmotik ve iyon stresine neden olarak büyümeyi ve gelişmeyi etkilediği görülmektedir (Lazof and Läuchli, 1991; Foolad, 1999). Ancak konuyu genel sıralamadan ziyade üç alt etki şeklinde de ele almak mümkündür.

Bu etkiler;

1. Tuzluluk stresine bağlı olarak osmotik basıncın yükselmesiyle beraber bitki su alımında sıkıntı yaşar ve dolayısıyla bitki beslenemez hale gelir.
2. Tuzluluğun etkisi sonucunda Na⁺ ve Cl⁻ iyonları yüksek konsantrasyonlara ulaştığı için bitki besin elementlerinin hücreye alınımını zorlaştırıp bitki metabolizmasını bozar.
3. İyon taşınımı sırasında ortaya çıkan dengesizlik nedeniyle hücre içindeki sıvının mineral yapısı ve Ca⁺² dengesi bozulur (Yaşar, 2003; Ertekin, 2010).

şeklinde sıralanabilir.

Ancak bu etkilerin standart bir yapısı yoktur. Etkinin büyüklüğü veya sonucu; tuzun çeşidine, strese maruz kalınan süreye, stresin boyutuna, bitkinin özelliklerine ve gelişiminin hangi evresinde strese maruz kaldığına göre değişiklik göstermektedir (Çulha ve Çarkırlar, 2011).

Munns ve Termaat (1986), Snap ve Shennan (1992), Yaşar ve ark. (2007a), Karanlık (2001)'nin yaptıkları çalışmalarda tuz stresi altındaki bitkilerin gelişiminin olumsuz şekilde etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Tuzluluğun zararlı etkisini azaltmak, tuz birikimi nedeniyle ortaya çıkan verimlilik kaybını geri çevirmek ve yeniden canlandırılmış topraklar elde etmek için bazı uygulamalar yapılabilmektedir. Bu uygulamalar esas olarak çok miktarda kaliteli su, enerji ve dikkatli bir toprak yönetimi bileşenlerinden oluşmaktadır. Tuzluluk sorunu denildiğinde en fazla zararlı etkiyi yapan ve en yaygın olan iyonlar olan Na ve Cl iyonlarının toprakta yüksek düzeylerde bulunduğu anlaşılmaktadır (Munns ve Termaat, 1986). Bol temiz su kullanarak sodyum klorürün bitki kök bölgesinden yıkanması başvurulacak ilk yöntemdir. Tam bir yıkamanın gerçekleştirilmesi için yıkama suyunun miktarı ve kalitesi, toprağın yapısı, tuzun türü ve konsantrasyonu, toprak geçirgenliği,

drenaj sisteminin etkinliği önemlidir. Bunun için sulama ve drenaj maliyetinin vurgulanması da gereklidir. Yapılan masraflara karşın, tuzluluk probleminin daha çok kurak ve yarı kurak alanlarda görölmesi, suyla yıkama şeklindeki bir çözümlün pratik olmayacağını açıkça ortaya koymaktadır. Tuzun suyla toprak profilinden yıkanması işleminin yanısıra; organik gübreler kullanılarak toprağın humus miktarının artırılması, aşırı inorganik gübrelemeden kaçınılması, yüksek dolgu maddesi ve klor gibi toprak tuzunu artırıcı elementleri içeren gübreler kullanılmaması, seralarda topraksız yetiştiricilik yapılması veya belli zaman aralıkları ile toprağın üst katmanının değiştirilmesi gibi işlemler, topraklardaki tuz düzeyini kontrol altına almak veya bunun zararlarından kaçınmak için uygulanabilecek bazı yöntemler arasında yer alsada; işlemler bazen zaman alıcı ve çoğunlukla da pahalı olmaktadır. Ayrıca iyileştirilen alanlarda uygun sulama yöntemlerinin kullanılmadığı durumlarda yeniden tuzlu topraklar oluşabilmektedir (Aktaş, 2002; Yaşar, 2003).

Genel olarak tuz zararı; daha küçük yapı, yaprak sayısında ve alanında azalmaya bağlı olarak ortaya çıkan büyümede yavaşlama şeklinde etkisini göstermektedir. Bunun yanı sıra, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalma, meyve tat ve kalitesinde bozulma ve buna bağlı olarak verimde düşüş tuz stresinin ortaya çıkardığı etkiler arasında yer almaktadır (Ashraf, 2004). Yüksek tuz konsantrasyonlarında iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar meydana gelmekte, bunun sonucu olarak fotosentez etkinliği azalarak bitkinin gelişiminde olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır (Yaşar, 2003; Kuşvuran ve ark., 2007; Dasgan ve Koç, 2009). Bitki uzun süre tuzluluk stresi altında kaldığında, yaşlı yapraklarda iyon toksisitesi ve su noksanlığı, genç yapraklarda ise karbonhidrat noksanlığı ve buna bağlı belirtilerin ortaya çıktığı kaydedilmektedir (Greenway ve Munns, 1980; Franco ve ark., 1993; Sivritepe 1995; Tıprıdamaz ve Ellialtıoğlu, 1998). Günes ve ark., (1996), tuz stresi uyguladıkları biber bitkilerinde tuzluluğun kuru madde ağırlığında azalmaya neden olduğunu, büyüme ve gelişmenin engellendiğini bildirmişlerdir.

Stres altındaki bitki türlerinde antioksidant enzim aktivitesindeki artış ile oksidatif stres zararındaki azalma arasında önemli bir korelasyonun bulunduğu bilinmektedir (Yaşar ve ark., 2006b; Yıldız ve ark., 2010). Daha önceden çok farklı araştırmacılar tarafından farklı bitkilerle yapılan çalışmalarda bitkilere stres

uygulandığında türün ve çeşidin genetik yapısına bağlı olarak antioksidant enzim aktivitelerinde artışların olduğu görülmüştür (Yaşar 2003; Türkan ve ark. 2005; Yasar ve ark. 2008a,b; Yasar ve ark., 2016). Ayrıca Yaşar (2003), çeşitli patlıcan genotiplerinin tuza dayanım durumlarını belirlediği çalışmasında tuza tolerant genotiplerin enzim aktivitelerinin yüksek olduğunu tuza hassas olan genotiplerin ise enzim aktivitelerinin düşük olduğunu belirtmiştir.

NaCl, su potansiyelini azaltmakta bunun yanında, hücredeki iyon dengesini bozarak da bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Yüksek miktarda NaCl alımı hücrede Na^+ ve Cl^- iyonu birikiminin artmasına, Ca^{+2} , K^+ ve Mg^{+2} konsantrasyonlarının ise azalmasına sebep olur (Parida ve Das, 2005). Bitki hücresine giren Na^+ , zar potansiyelini bozar ve anyon kanalları vasıtasıyla hücre dışındaki Cl^- 'un pasif olarak hücreye girişini kolaylaştırır (Niu ve ark., 1995; Tuteja, 2007). Tuz stresi altındaki bitkilerin kök bölgesinde artan Na konsantrasyonuna bağlı olarak yaprak ve köklerde Na içeriği artarken, Ca ve K miktarları azalmaktadır. Ghoulam ve ark., (2002) şeker pancarında, ve Essa, (2002) soyada; Yakıt ve Tuna (2006) mısırdaki benzer sonuçlar rapor etmişlerdir. Bununla birlikte bitkinin yeşil aksamına Na^+ gidişini engelleyebilen ve seçici olarak yüksek oranlarda K^+ , Ca^{+2} gönderen genotiplerin tuz zararına karşı daha dayanıklı olduğu Yaşar (2003), Yaşar ve ark. (2006b), Yaşar (2007) tarafından da bildirilmektedir. Yasar ve ark., (2006a), Aktaş (2002), Turhan (2002), nın yaptıkları çalışmalarda tuz stresi altında bitkilerin yapraklarında Na ve Cl iyonunun birikiminin arttığını belirtilmişlerdir.

Önemli bir makro besin element olan kalsiyum (Ca^{+2}), bitki büyüme ve gelişimi merkez düzenleyicisi görevini üstlenmektedir. Hücre membranlarının değişim bölgelerinde kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve sodyum (Na) arasında değişim ve rekabet söz konusudur. Hücre duvarında pektinler şeklinde bulunan Ca, hücre duvarlarının ve dokularının güçlenmesinde temel görev üstlenmiştir (Kacar ve Katkat, 2006). Tuz stresi altındaki bitkilerde, potasyumun birçok enzim için kofaktör olduğu ve Ca'un dışsal uygulanmasıyla NaCl'ün zararlı etkisini azaltabileceği de bildirilmiştir (Hasegawa ve ark., 2000).

Kalsiyum alkali toprak metallere, yeryüzünde en çok bulunan beş kimyasal elementten biridir. En çok kalsiyum karbonat (CaCO_3) halinde bulunur. Kalker taşı, dolomit taşı, tebeşir ve mermer doğadaki kalsiyum karbonat çeşitleridir. Ham kireç taşı

olan kalker taşları dünyanın her yerinde toprakla karışıktır. Genelde mavimsi gri ve krem renginden olarak iki tipte bulunur. Beyaz olanları da var. Daha yumuşaklarına tebeşir taşı denir. Suda erimez ama bir şekilde ufalanıp su tarafından sürüklenebilir. En kolay ufalananı tebeşir taşlarıdır. Kalsiyum bitkilerde diğer elementlerin bitki içinde dolaşımını dengeler. Hücre duvarlarında koruyucu etkisi vardır. Yeni oluşumların devam edilebilmesi, filizlerin gelişebilmesi kalsiyum sayesinde mümkün olur. Yoksa hücreler korunamaz, dağılmalar olur ve çürüme başlar. Eğer bitki topraktan kalsiyum alamazsa ölüm sürecine girer, fazla yaşayamaz. Bir bitkinin varlığının, ağırlığının en büyük kısmı karbon, geri kalan çoğunluk potasyum ve kalsiyumdur. Diğer elementlerin varlığı çok azdır. Karbon havadaki karbondioksitten alınır. Kalsiyum ise ancak topraktan ve sudan alınabilir. O halde bitkinin topraktan ne kadar çok kalsiyum alması gerektiğini hesap edebiliriz. Yaklaşık olarak potasyum ile aynı miktarda diyebiliriz (Anonim, 2018).

Yüksek tuz konsantrasyonları, bitkinin kalsiyum alımını ve taşınımını azaltmakta, kalsiyum yetersizliği ve bitkide iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Cramer ve ark., 1986; Huang ve Redmann, 1995). Kalsiyum, tuz stresinde bitki açısından olumlu etkiye sahip bir elementtir. Yüksek dozda dışsal kalsiyum uygulaması, hücre zarının Na^+ iyonuna karşı geçirgenliğini azaltmaktadır. Bu şekilde sodyumun pasif alımla hücre içinde ve bitkide birikmesi önlenmektedir (Hoffman ve ark., 1989; Whittington ve Smith, 1992). Kalsiyumun tuz stresine karşı koruyucu bir rol oynamasını çeşitli mekanizmalarla açıklamaya çalışan araştırmacıların ortak düşünceleri; kalsiyumun hücre zarını sağlamlaştırması ve iyon alımı ve taşınımında seçiciliğin kontrolünü sağlaması yönündedir. Ca^{+2} iyonunun, hücre zarındaki negatif yüklü temel gruplarla çapraz bağlantı yapması ve bu suretle hücre zarının yapısal bütünlüğünün korunduğu da yapılan açıklamalarda yer almaktadır (Cramer ve ark., 1986; Lauchli, 1990). Rengel (1992), kalsiyum elementinin hücre zarına bağlanarak geçirgenliği kontrol altında tuttuğunu, hücre içinde bulunan kalsiyumun dışarı verilmesini engellediğini ileri sürmektedir.

Kalsiyum eksikliği bitki yapraklarında şekil bozukluğu, hareket kabiliyeti azlığı, yaprak alanının küçük kalması, yeni gelişen yaprakların çirkin şekillerde kıvrık olmaları, açılmamaları, el ile yardım gerekmesi ama yinede gelişimin kötü olması, normal bir gelişim sürdürememeleri gibi belirtiler meydana gelmektedir. Bazen de yeni

filizlerde, çiçek tomurcuklarında, yaprak uçlarında, Domates ile biberlerde hamken kararma ve çürümeler görülmektedir (Anonim, 2018).

Yapılan bu çalışmada tuz stresi altındaki biber bitkisinde kalsiyum (Ca) etkilerinin morfolojik ve biyokimyasal boyutu araştırılmıştır. Bu amaçla tuz stresine maruz kalan biber bitkisine Ca'lı bileşenler uygulanarak, yapılan uygulamanın tuz stresi üzerindeki etkileri belirlenmiştir.





2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapillarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır (Ergene, 1982; Kwiatowsky, 1998; Kara, 2000).

Toprakta bulunan çözünebilir tuzların miktarı, bitkinin büyüme ve gelişmesi için gerekli olan miktarın üzerine çıktığında sorunlar ortaya çıkmaya başlar. Toprakta tuz içeriği arttıkça bitkinin su alımı kısıtlanır. 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).

Birleşmiş Milletler Çevre Programının tahminlerine göre, dünyadaki verimli alanların yaklaşık % 50'si ile tarım arazilerinin % 20'si tuzluluk tehdidi altındadır (Flowers ve Yeo, 1995). Yurdumuzda yaklaşık 1.5 milyon hektarlık toprak alanı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır ve bunun da % 32.5'ini sulanabilir alanlar oluşturmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Gelecek 20 yıl içerisinde dünya genelinde bu oranın % 50 oranında artış gösterebileceği ön görülmektedir (Hasanuzzaman ve ark., 2013).

Toprak tuzluluğu, bitkinin transpirasyonunu ve solunumu yanında, su alımını ve kök gelişimini azaltmaktadır. Bunu sonucunda hormonal dengede yıkım meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımı düşmesi sonucunda protein sentezinde azalma görülmekte ve bitki boyu kısalmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını, meyve kalitesini azaltmakta ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Bernstein, 1967; Sharma, 1980; Robinson ve ark., 1983; Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985).

Yüksek tuz konsantrasyonları bitki hücresinde birçok olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Bu olumsuzluklar üç aşamada sıralanabilir; 1-Ozmotik basıncın yükselmesiyle beraber bitki su alımında sıkıntı yaşar ve dolayısıyla bitki beslenemez hale gelir. 2-Tuzluluğun etkisi sonucunda Na⁺ ve Cl⁻ iyonları yüksek konsantrasyonlara ulaştığı için bitki besin elementlerinin hücreye alınımını zorlaştırıp

bitki metabolizmasını bozar. 3-İyon taşınımı sırasında ortaya çıkan dengesizlik nedeniyle hücre içindeki sıvının mineral yapısı ve Ca^{+2} dengesi bozulur (Ertekin, 2010).

Tuz stresi etkisinde büyüme ve gelişme, fotosentez, protein sentezi, enerji ve lipid metabolizması etkilenir. Esas anlamda tuz stresine ilk cevap yaprak yüzey alanının büyümesinde azalma şeklinde kendini gösterir (Üzal, 2009). Hücre büyümesi için gerekli olan karbonhidratlar fotosentez esnasında sağlanır. Fotosentez metabolizması bitki tuz stresi (özellikle NaCl stresi) altında iken genelde olumsuz olarak etkilenmektedir. Bitkiler tuz stresinin üstesinden gelmek için değişik moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirmiştir. Bu mekanizmalar kabul etmeme, kökler tarafından iyon alınımının kontrolü ve yapraklara taşınması, hücresel ve tüm bitki düzeyinde iyonların belli bölgelerde tutulması, uyumlu bileşiklerin sentezi, fotosentetik yolda değişme, membran yapısında değişme, antioksidan enzimlerin indüklenmesini ve bitki hormonlarının indüksiyonunu içerir (Sharma, 1990; Bohnert, 1998; Yaşar, 2003; Parida ve Das, 2005).

Tuz stresi, bitkilerin büyümesini ve gelişmesini osmotik ve iyon stresine neden olarak engeller (Parida ve Das, 2005). Kök rizosferinde tuz miktarının artmasıyla birlikte ilk olarak osmotik stres oluşmaktadır. Oluşan bu dışsal osmotik stres, kullanılabilir su miktarının da azalmasına sebep olur ve bu olay “fizyolojik kuraklık” olarak da adlandırılır (Tuteja, 2007). Kullanılabilir su miktarının azalması, hücre genişlemesinin azalmasına ve sürgün gelişiminin yavaşlamasına neden olur. Osmotik stresin devamında ortaya çıkan iyon stresi evresinde, ortamda artan Na ve Cl iyonlarının K^+ , Ca^{+2} ve NO_3 gibi gerekli besin elementleri ile rekabete girmesiyle bitkilerde, besin eksikliği veya besin dengesizliği meydana gelir (Hu ve Schmidhalter, 2005).

Yaşar (2003) tarafından yapılan tez çalışmasında tuza tolerant ve duyarlı olduğu belirlenen toplam beş adet patlıcan genotipinde antioksidant enzim aktiviteleri incelenmiştir. Bu çalışma su kültüründe yetiştirilen bitkiler kullanılarak yapıldığı gibi, invitro kallus kültürleri koşullarında da yapılmış, kallus dokusu üretilmeyen yabancı tür dışında, dört genotipte kontrol ve tuz stresi ortamlarında üretilen kalluslardaki SOD, CAT, GR ve APX enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, antioksidant enzim aktivitelerinin tuza tolerans üzerinde çok etkili olduğu; tuzlu koşullarda yaşayabilen patlıcan genotiplerinin antioksidatif enzim sistemlerini kuşkuyla yer vermeyecek biçimde kesinlikle duyarlı genotiplere göre çok daha aktif kullandıkları

belirlenmiştir. Kallus dokularındaki enzim aktiviteleri, tam bitki örnekleri ile paralel sonuçlar vermiş ve tuza tolerans derecesinin belirlenmesinde patlıcanda kallus kültürlerinin kullanılabilceği gösterilmiştir.

Yaşar ve ark. (2006a), kavunda yaptıkları bir çalışmada tuz stresi ile birlikte kavun APX enzim aktivitesinin artış gösterdiğini ifade ederken, tuza tolerant olan genotiplerde bu artışın hassas olan genotiplere oranla çok daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Yaşar ve ark. (2008b) karpuzda yaptıkları tuzluluk çalışmasında, tolerant olan Midyat genotipinde SOD enzim aktivitesinde meydana gelen artışın duyarlı olan genotiplere oranla daha fazla olduğu, antioksidan enzim aktivitelerinin tuza toleransta etkili olduğu, tolerant olan genotiplerin bu mekanizmayı duyarlı olanlara göre daha aktif kullandıklarını tespit etmişlerdir. Yaşar ve ark. (2008b), karpuzda yaptıkları bir çalışmada tuza tolerant olan genotiplerde GR aktivitesinin hassas olanlara göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

2002 yılında Aktaş tarafından ülkemizde yapılan bir araştırmada 120 farklı biber genotipi tuza tolerans bakımından incelenmiş, tuza tolerant Cac yabancı biber genotipinde SOD aktivitesi, tuza duyarlı Pazarcık-3 genotipinden çok daha yüksek bulunmuştur. Yabancı patlıcanlar ve tuza toleransı yüksek yerli genotiplerde SOD aktivitesi tuzlu koşullarda yüksek oranda artış gösterdiği halde; duyarlı genotiplerde ya çok az bir artış görülmüş, ya da kontrole göre azalma kaydedilmiştir (Yaşar 2003).

Yaşar ve ark. (2008a), yaptıkları bir çalışmada GS57 ve 4F-89 fasulye genotiplerinde farklı tuz konsantrasyonları (0, 50 ve 100 mM) altında antioksidan enzim aktiviteleri ile toplam klorofil ve MDA miktarında meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Su kültürü ortamında gerçekleşen çalışmada bitkiler 7 gün süre ile strese maruz bırakılmıştır. Çalışma sonunda GR enzim aktivitesi her iki genotipte de azalma göstermiştir. CAT ve APX enzim aktivitesi tolerant olan GS57 genotipinde daha yüksek bulunmuştur. Tuz konsantrasyonundaki artış ile birlikte MDA miktarı her iki genotipte de artış göstermesine rağmen tuza hassas olan 4F-89 genotipinde daha yüksek bulunmuştur. Artan tuz stresi klorofil miktarının özellikle 4F-89 genotipinde azalmasına neden olurken, GS57 genotipinde klorofil miktarında önemli bir değişim kaydedilmemiştir.

Yaşar (2003), tarafından yapılan bir çalışmada 38 adet farklı patlıcan genotipinde tuza tolerans bakımından genotipler düzeyinde farklılıkların belirlenmesi, bu amaçla etkin seçim parametrelerin belirlenmesi ve patlıcanda antioksidan enzim aktiviteleri ile tuza tolerans yeteneği arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Su kültürü kullanılarak yapılan çalışmada bitkiler 150 mM NaCl kullanılarak tuz stresine sokulmuştur. Ön seçim aşamasında Na, K, Cl iyon analizleri ile MDA ve klorofil ölçümleri sonucunda tuza tolerant ve hassas genotipler belirlenerek in vivo ve in vitro koşullarda bitkiler SOD, CAT, GR ve APX enzim aktiviteleri bakımından değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda enzim aktivitelerinin tuza tolerans üzerinde etkili olduğu, kallus dokularındaki, enzim aktivitelerinin in vivo koşullarda alınan sonuçlar ile uyumlu olduğu, enzim aktiviteleri dışında patlıcanda tuza tolerans düzeyinin belirlenmesinde yapraklarda ölçülen K/Na oranının etkili bir seçim parametresi olabileceği belirlenmiştir.

Yaşar ve ark. (2008b), tuz stresinin karpuz yapraklarındaki antioksidatif enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, tuza duyarlı Golden Crown F1, Crimson Sweet ile tuza-tolerant Diyarbakır ve Midyat yerel genotiplerini su kültürü ortamında yetiştirmişler ve fidelerin 4-5 yapraklı oldukları döneminde 100 mM NaCl uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. 10 gün devam eden stres sonunda bitkilerde SOD, CAT, APX ve GR enzim aktiviteleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, tuza tolerant genotiplerin SOD, CAT, APX ve GR enzim aktivitelerinin duyarlı olanlara göre çok yüksek olduğu, antioksidan enzim aktivitelerinin tuza tolerans üzerinde etkili olduğu, karpuz genotiplerinin antioksidatif enzim sistemlerini duyarlı çeşitlere göre çok daha aktif kullandıkları belirlenmiştir.

Salin, (1988); Streb ve Feirabend, (1996) tuz stresinde hücre büyümesi ve bölünmesindeki yavaşlamanın, sitokin miktarının azalması sonucu ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Stres faktörlerinin neden olduğu oksidatif zararlanmanın en etkili olduğu hücre kısımlarından birisi hücre zarlarıdır. Oksidatif zararlanmanın sonucunda hücre zarlarında lipid peroksidasyonu meydana gelir ve sonuçta zarın geçirgenliği bozularak hücre sıvısının hücre içinde tutulamaması ile bitki ölüme doğru yönelmektedir. Lipid peroksidasyonu, bu işlemin bir ürünü olan ve malondialdehit (MDA) olarak adlandırılan bir madde yardımıyla ölçülebilmekte; adı geçen 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 stresi altında 7 farklı bezelye genotipinin MDA içeriklerini araştırdıkları çalışmalarında tuza hassas olan genotiplerin MDA miktarlarında artışın olduğunu, tuza dayanıklı genotiplerin ise MDA miktarlarında düşüşlerin olduğunu bildirmektedirler.

Karanlık (2001) ve Yaşar (2003)'a göre tuz stresi altındaki bitkilerde stomalar kapatılmakta, yaprak alanları da küçülerek transpirasyon azaltılmaya çalışılmaktadır. Böylece bitki, su kaybını en aza indirmek ve topraktan su ile birlikte yüksek miktardaki tuzu almayı engellemeye gayret etmektedir. Yaprak alanındaki azalmanın yanında birim alandaki CO₂ fiksasyonu da azalmaktadır. Bütün bunlara, yükselen respirasyon eşlik eder. Yaşamak için yoğun enerji sarf eden bitki, daha az fotosentez yaparak harcadıklarını yerine koyamadığı için gelişme ve büyüme geriler. Tuz stresi altında net CO₂ fiksasyonunun azalması; su noksanlığı, stomaların kapanışı, apoplastta tuzun birikmesi ve mezofil hücrelerinin turgoru kaybetmesi veya tuz iyonlarının doğrudan toksisitesi sebebidir.

Yaşar ve ark. (2007b)'nin karpuzda yaptığı bir çalışmada skala değerleri ile MDA miktarları arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu skala değeri yüksek çıkan genotiplerin MDA düzeylerinin de yüksek çıktığını, aynı şekilde skala değeri düşük çıkan ve tuzdan daha az etkilenen bitkilerin MDA miktarlarında düşük olduğunu belirlemişlerdir.

NaCl içeren çözeltilerde bitkiler tarafından Na'a oranla daha hızlı Cl akümüle edilir, böylece Cl zararı daha erken ortaya çıkar ve Na zararına göre daha şiddetli zararlanmaya neden olur. Tuz uygulamaları ile biber bitkisinin yapraklarında hızlı bir Cl akümüasyonu olduğu ve tuz zararının ortaya çıktığı durumlarda bitkide Cl miktarının Na'a oranla çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Chartzoulakis ve Klapaki, 2000).

Tuz stresinin en büyük etkisi birçok kültür bitkisinde büyüme ve gelişmenin azalmasıdır. Bitki gelişiminde tuzluluğun zararlı etkileri, toprak çözeltisinin ozmotik potansiyeli, beslenme dengesizliği, özel iyon etkisi ve bu faktörlerin kombinasyonu ile ilişkilidir. Ozmotik stres, sodyum iyonlarının direkt bir etkisi olmaksızın su eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Munns, 2002). Beslenme dengesizliği ise aşırı

miktarda Na ve Cl birikiminden kaynaklanmakta ve K, Ca, Mn, NO₃ gibi besin elementlerinin alımının azalmasına neden olmaktadır (Hasegawa ve ark., 2000; Viegas ve ark., 2001). Tuzun yüksek olduğu toprak koşullarında yetiştirilen bitkilerde, köklerle yüksek oranda Na iyonu alınmakta ve bu iyonun bitki organlarına taşınmasıyla bitki bünyesindeki miktarı yükselmektedir. K ve Ca alımlarındaki ve taşınımındaki azalma ile bitki organlarındaki oranları düşmektedir. Ca ve K iyonları fizyolojik olaylarda anahtar rol oynarken, Na iyonunun besin elementi olarak etkisi yoktur. Ayrıca Na iyonunun K ve Ca iyonlarına karşı artış göstermesi iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Al-Karaki, 2000).

Tuz miktarı düşük kaliteli sulama sularının bulunamadığı durumlarda, havuç gibi sebzeler çoğunlukla değişik miktarda tuz içeren düşük kaliteli yer altı suları ile sulanmaktadır. Düşük kaliteli sulama sularının kullanılması, verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Olumsuz koşulların bitki gelişimini sınırlandırıcı etkisini azaltmak ve verimliliğini artırmak amacıyla bazı önlemler alınabilmektedir. Bu bağlamda, birçok araştırmacı tuz ve kalsiyum arasındaki ilişkilere odaklanmıştır (Renault ve ark., 2001). Renault ve Affifi (2009)'de bildirdiği gibi tuzun zararlı etkilerini azaltmak için yapılan kalsiyum uygulamalarından olumlu sonuçlar alınabilmektedir. Caines ve Shennan (1999) domates genotiplerinde yaptığı çalışmada, tuz uygulamasının gövde büyümesini olumsuz etkilediğini ve bu olumsuz etkilerin ilave Ca (10 mM, CaSO₄) uygulaması ile azaltılabileceğini bildirmiştir. Fasulye bitkilerinde yapılan diğer çalışmada ise ilave Ca (CaSO₄) uygulamalarının tuz stresi etkilerini azalttığı ve uygulama dozlarının da 1-10 mM arasında olması gerektiğini vurgulamıştır (Lahaye ve Epstein, 1971). Tuz zararının azaltılmasında düşük konsantrasyonlu Ca uygulamaları, yüksek konsantrasyonlu uygulamalara göre daha etkilidir (Grattan ve Grieve, 1999).

Tuz zararı bitkilerde farklı belirtilerle kendini gösterebilmektedir. Tuzluluk, bitkinin morfolojisi ve anatomisini de kapsayan tüm metabolizmasını etkileyen bir faktördür (Levitt, 1980). Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu arttığında ve su potansiyeli azaldığında, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşer ve bitki hücrelerinin bölünmesi ya da uzaması birden yavaşlar. Bu stres koşulları altında genellikle stomalar kapanır ve sonuç olarak fotosentez azalır. Stres koşullarının devam etmesi halinde bitki büyümesi tamamen durabilir (Ashraf and Wu, 1994). Bitki tür ve çeşitleri arasında tuzluluğa gösterilen tepki bakımından farklılık bulunmakla birlikte,

glikofit bitkilerin kök bölgesindeki tuzluluğun hafta veya ay düzeyindeki bir süreç boyunca artmasına karşı gösterilen ilk fenotipik yanıt, sürgün büyümesinde azalmadır. Bu bilgiye ek olarak tuzluluğa en fazla duyarlılık gösteren organların yapraklar olduğunu bildiren Munns ve Termaat (1986)'ın açıklamalarından sonraki yıllarda yapılan başka çalışmalar sonucunda mısırdaki (Cramer ve ark., 1986) ve domateste (Snapp ve Shennan, 1992) kök büyümesi ve gelişmesinin de tuzluluktan benzer biçimde etkilendiği ortaya konmuştur. Tuz stresi bitkinin ölümüne neden olabildiği gibi tolerans durumuna bağlı olarak büyümeyi engellemekte, kloroz, nekrotik lekelerin oluşumuna yol açabilmekte, verim ve kalitenin azalmasına neden olmaktadır (Hasegawa ve ark., 1986). Mer ve ark., (2000) da tuzun toksik etkisinin ilk önce yaşlı yapraklarda görülmeye başladığını, bu yaprakların uçlarından başlayıp yaprak ayasına ve sapına doğru ilerleyen kloroz şeklinde kendini gösterdiğini, daha sonra bu kısımların nekroze olduğunu belirtmektedir. Tuzlu koşullarda büyüyen bitkilerin büyüme hızı düşük olup bodur bir yapı sergilemektedirler, yaprakları ise çoğunlukla küçük ve rengi de koyu yeşildir. Tuz stresinde hücre büyümesi ve bölünmesindeki yavaşlamanın, sitokin miktarının azalması sonucu ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Hormon dengesinde ortaya çıkan değişikliklerin tohum çimlenmesi üzerinde de etkide bulunduğu, azalan sitokin sentezlenmesinin sonucu olarak çimlenme oranında azalma olduğu iddia edilmektedir (Mangal ve Lal, 1988; Awang ve ark., 1993). Tuzlu koşullarda çimlenmenin engellenmesi ve çimlenme yüzdesinin düşmesi, beklenen bir tepkidir (Demir ve Demir, 1992).

Maas (1993), turuncgillerde olduğu gibi yüksek klorür duyarlılığı ve buna bağlı olarak oluşan klor toksisitesinin de gözden uzak tutulmaması gereken zararlandırma faktörü olduğuna işaret etmektedir. Birçok bitki türünde, bitkilere uygulanan yüksek NaCl konsantrasyonu ile bitkinin klor akümülyasyonunda artış belirlenmiştir. Tuz stresi altındaki asmalarda sürgün uzamasındaki azalma ve limonlardaki klorofil miktarındaki kayıplar (Nieves ve ark., 1991) ile portakallarda fotosentez miktarı ve stoma iletkenliğindeki azalmalar (Banuls ve Primo-Milo, 1992); aşırı klorür birikimi sonucu ortaya çıkan olumsuzluklar olarak yorumlanmıştır.

Yüksek tuz konsantrasyonları, bitkinin kalsiyum alımını ve taşınımını azaltmakta, kalsiyum yetersizliği ve bitkide iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Cramer ve ark., 1986; Huang ve Redmann, 1995). Kalsiyum, tuz stresinde bitki

açısından olumlu etkiye sahip bir elementtir. Yüksek dozda dışsal kalsiyum uygulaması, hücre zarının Na^+ iyonuna karşı geçirgenliğini azaltmaktadır. Bu şekilde sodyumun pasif alımla hücre içinde ve bitkide birikmesi önlenmektedir (Hoffman ve ark., 1989; Whittington ve Smith, 1992). Kalsiyumun tuz stresine karşı koruyucu bir rol oynamasını çeşitli mekanizmalarla açıklamaya çalışan araştırmacıların ortak düşünceleri; kalsiyumun hücre zarını sağlamlaştırması ve iyon alımı ve taşınımında seçiciliğin kontrolünü sağlaması yönündedir. Ca^{+2} iyonunun, hücre zarındaki negatif yüklü temel gruplarla çapraz bağlantı yapması ve bu suretle hücre zarının yapısal bütünlüğünün korunduğu da yapılan açıklamalarda yer almaktadır (Cramer ve ark., 1986; Lauchli, 1990). Rengel (1992), kalsiyum elementinin hücre zarına bağlanarak geçirgenliği kontrol altında tuttuğunu, hücre içinde bulunan kalsiyumun dışarı verilmesini engellediğini ileri sürmektedir. Kalsiyum ve potasyum, iyonların hücre zarından seçici olarak taşınmasında birbirlerine benzer davranışlar sergilerler (Fageria, 1983). Bitkideki Ca/Na oranı, aynen düşük K/Na oranında olduğu gibi kök hücre zarlarındaki seçiciliğin bozulmasına yol açmakta, bunun sonucu olarak sodyumun hücre içine pasif alımı ve bitkide toksik düzeyde birikimi ortaya çıkar. Tuzlu topraklarda jips uygulaması yapılarak bitkilerin tuza toleransını artırmaya yönelik olarak yapılan uygulamanın esası da bu olup, jipsin hem toprak strüktürünü geliştirip havalanmayı artırıcı etkide bulunması ve hem de bitkideki Ca/Na oranını artırarak, köklerin dışarıdan Na alım kapasitesini sınırlandırması nedeniyle tuzlu topraklarda fayda sağlayabilmektedir (Aktaş, 2002). Cramer ve ark., (1986), su kültüründe yetiştirdiği pamuk bitkilerine NaCl ilave ettiklerinde, bitki gelişimi ve kök büyümesinin tuzluluktan etkilendiğini; ancak ortama kalsiyum eklenmesi sonucunda kök gelişiminin bundan olumlu yönde etkilendiğini belirlemişlerdir. Alfocea ve ark., (1993), değişik domates çeşitlerinin tuza tolerans durumlarını, iyon seçiciliği özelliği yönünden inceledikleri araştırmalarında domateste tuza duyarlılığın Na ve Cl iyonlarının toksik etkileri ve buna bağlı olarak beslenme bozukluğunun ortaklaşa etkisiyle ortaya çıktığına işaret etmektedir. K ve Ca alımının artması sayesinde, bitki büyümesinin tuzlu koşullarda olumlu etkilendiğini; ancak bazı çeşitlerde K ve Ca seçiciliği özelliği bulunmasına rağmen, yine de tuzdan etkilendiklerini belirten araştırmacılar, tuza toleransın sadece seçici iyon alımıyla açıklanamayacak bir mekanizma olduğunu ifade etmektedirler. Lopez ve Satti (1996), kum kültüründe yetiştirilen ve 50 mM NaCl ile sulanan domates bitkilerinde kök hacmi

ve kök yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, meyve veriminin kontrole göre önemli derecede azaldığını; tuzla birlikte KNO_3 ve $Ca(NO_3)_2$ 'in tek başına veya birlikte bitkinin yetiştirildiği ortama verilmesi halinde tüm bu parametrelerde artış sağlandığını bildirmişlerdir. Caines ve Shennan (1999), domateste $CaCl_2$ ve $NaCl+CaCl_2$ tuz uygulamaları yapıldığında kök ağırlığı ve uzunluğu değerlerinin tuzluluktan en fazla etkilenen ve azalan parametreler olduğunu belirlemişlerdir. Sürgün değerlerine göre kök değerlerinin daha fazla olumsuz etkilenmesinin önemli bir bulgu olarak ortaya konduğunu bildiren araştırmacılar; tuzlu ortamlara $CaSO_4$ ilave ettiklerinde hem sürgün, hem de kök uzunluklarındaki inhibisyonun ortadan kaldırılabilirdiğini, bitki büyüme ve gelişmesinin arttığını saptamışlardır.

Yaşar (2003) patlıcanda yaptığı çalışmada, $NaCl$ tuzunun yol açtığı tuzluluk zararı sonucunda bitkilerde Na ve Cl iyonlarının miktarı toksik düzeyde artmaktadır. Bunun yanında bitkideki K ve Ca iyonu dengesi de bozulmaktadır. Tuza karşı bitkilerin gösterdiği semptom değeri ile Na iyon miktarı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Tuz uygulaması yapılan duyarlı ve tolerant patlıcan genotiplerinin her ikisinde de Na iyonu miktarı tuz uygulaması ile birlikte artmış olmakla birlikte, tolerant olan Burdur Bucak'ta artış daha düşük seviyede kalmıştır. Tuz stresi koşullarında Na miktarındaki artışı sınırlayabilen genotiplerin toleransının yüksek olduğu söylenebilir. Aktaş (2002) da tuza duyarlı biber genotipi olan Pazarcık-3 bitkilerinin yeşil aksamında biriken Na iyonu miktarının, aynı tuz stresi altındaki dayanıklı genotip Cac (*Capsicum annuum* var. *cerasiforme* hat no:95)'e göre 3 kat daha fazla bulunduğunu bildirmektedir. Tolerant genotiplerin Na iyonunu kökten dışarı ihraç ederek (Yang ve ark., 1990) veya kök hücrelerinde vakuollerde depolayarak (Apse ve ark., 1999) yeşil aksama göndermediği önceki yıllarda değişik araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir. Alian ve ark. (2000) ise, duyarlı genotiplerde köklerden alınan Na iyonlarının yeşil aksama taşınarak toksik düzeylere ulaşmasına karşı konulmadığını ileri sürmektedir. Tuza dayanım ile yeşil aksamdaki Na iyonu miktarı arasındaki ilişki, daha önce başka bitki türlerinde de ortaya konmuştur (Ashraf ve Khanum, 2000).

Bitki hücrelerinde iyon taşınımının düzenli olabilmesi için tek değerlikli (K , Na) ve çift değerlikli (Ca) katyonlar arasında bir denge bulunması gerekmektedir. Volkmar ve ark. (1998), tuza dayanıklı bitki seçiminde K/Na oranı yanında hücre zarı

geçirgenliğinde etkisi bulunan Ca/Na oranının da gözönünde bulundurulmasının yararlı olduğundan bahsemektedir

Davenport ve ark. (1997) buğdayda, Aktaş (2002) biberde ve Daşgan ve ark. (2002) domateste Ca/Na oranının tuza tolerant genotiplerde, duyarlı genotiplere oranla daha yüksek olduğunu belirlemişler; Daşgan ve ark. (2002), domateste bu özelliğin screening parametresi olarak kullanılabilceğinden bahsetmiştir. Tuzlu koşullarda Ca/Na oranının düşmesi, hücre zarı geçirgenliğinin azalmasına neden olmakta, böylece başta Na olmak üzere diğer tuzların daha fazla alınması sonucunda toksisite şiddeti artmaktadır. Ca iyonunun hücrede yüksek düzeyde bulunması, hücre zarı geçirgenliğini koruyarak fazla miktarda Na alımını engellemektedir (Davenport ve ark., 1997; Villora ve ark., 2000).

Yaşar ve ark., (2006 c) iki hassas ve iki tolerant patlıcan çeşidinin tuz stresi altında kallus kültüründe yaptıkları çalışmada hassas olan genotiplerin Na ve Cl iyonu birikimleri daha yüksek bulunmuş, bu genotiplerin K ve Ca miktarlarında düşüşlerin olduğunu bildirmişlerdir. Buna benzer sonuçlar Yaşar ve ark., (2006a; 2013), Üzal, (2009), Üzal ve Yıldız, (2014)'ın yaptıkları çalışmalardan da alınmıştır.

Aktaş (2002) ve Yaşar (2003)'ün çalışmaları biber ve patlıcan türleri için geliştirmiş oldukları skalalardan yararlanmıştır. Aktaş (2002), biberde tuza toleransın belirlenmesinde incelenen özellikler oranında kararlı tutum sergileyen screening için kullanılacak bir özellik belirlenmesinin zor olduğunu, en etkin seçim kriterlerinin skala değerleri ile bitkideki K/Na iyonlarının oranı olduğunu belirtmiştir.

Yaşar ve ark. (2007)'nin tuz stresi altındaki karpuzların genotipik farklılıklarının belirlenmesi başlıklı çalışmalarında gerek Ca^{+2} birikimi gerekse Ca^{+2}/Na^{+} oranının, inceledikleri diğer parametrelerle herhangi bir uyum içinde olmadığını belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da gerek kalsiyum birikimi gerekse Ca^{+2}/Na^{+} oranı ile tuzdan kaynaklanan zararlanma arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır

Yaşar ve ark. (2006b), tuza tolerans olduğu belirlenen Gevaş Sırık 57 (GS57) ve tuza hassas olduğu belirlenen 4F-89 French fasulye genotiplerinde yaptıkları bir çalışmada, genotiplerin 100 mM tuz uygulaması karşısında farklı organlarda iyon birikim mekanizmasını incelemişlerdir. Tuza hassas olan 4F-89 French tüm organlarında Na iyonunu biriktirirken, GS57 genotipi seçici davranarak, toksik Na iyonunu yaşlı yapraklar ve gövdede biriktirerek, genç yapraklara taşınımını

engellemiştir. K iyonu konsantrasyonu ise Na konsantrasyonunun düşük olduğu organlarda daha yüksekken, Na konsantrasyonunun arttığı yaşlı yapraklarda daha düşük yoğunlukta kalmıştır. Ca içeriği her iki genotipte de genç yapraklarda azalmasına rağmen, diğer iyon birikimleri içerisinde en yüksek düzeyde konsantrasyonlarda yer almıştır. Çalışma sonucunda Na iyonun toksik etkisinden korunmak için çalışmada kullanılan genotiplerin bu iyonu yaşlı yapraklarda biriktirerek genç yapraklara taşınımının engellenmesi yolunu seçtiklerini bildirilmektedir.

Yaşar ve ark. (2006b) hassas olan genotiplerin tüm organlarında Na birikimi görülürken, tolerant olan GS57 genotipinin Na konusunda seçici davranarak yaşlı yaprak ve gövdede birikimin görüldüğünü; böylece genç yapraklara Na taşınımının engellendiğini bildirmişlerdir.

Yaşar ve ark. (2006b), fasulyede K iyon konsantrasyonunun, Na konsantrasyonunun düşük olduğu organlarda daha yüksekken, Na konsantrasyonunun arttığı yaşlı yapraklarda K konsantrasyonunun daha düşük düzeylerde oluştuğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada kök ve gövde K konsantrasyonunun genç ve yaşlı yaprak K konsantrasyonuna göre daha düşük düzeyde bulunduğunu ifade etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da genel olarak yaşlı yaprakların tuz ve kuraklık uygulamalarında meydana gelen azalmanın genç yapraklara oranla daha fazla olduğu, Na konsantrasyonunun yaşlı yapraklarda yoğunlaşmasının K konsantrasyonunda da genç yapraklara göre daha fazla azalmaya neden olduğu düşünülmektedir.

Yaşar ve ark. (2006b) ise fasulyede yaptıkları tuzluluk çalışmasında Ca içeriğinin artan Na konsantrasyonu nedeniyle özellikle yaşlı yapraklarda azaldığını ifade etmişlerdir

Yaşar ve ark. (2008a) fasulyede farklı tuz konsantrasyonlarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında tuz stresinin özellikle hassas olan 4F-89 genotipinde azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Kalsiyum'un bitkilerde kalite kriterlerini arttırmasını sağlayan en önemli özelliklerinden birisi de bitkide total ve hücre duvarlarına bağlı olarak bulunan kalsiyum pektat bileşiğinin oranıdır. Yapılan araştırmalar kalsiyumun hasat öncesi veya sonrası uygulamalarının bu bileşiğin miktarını arttırdığı yönündedir (Conway ve ark., 1995; Siddiqui ve Bangerth, 1995). Başta domates, karpuz, kavun ve biber olmak üzere birçok bitkide kalsiyum noksanlığında fizyolojik bozukluklar ortaya çıkmaktadır. Bu duruma

toprakta yeterli kalsiyum bulunmaması yanında sulama ve Ca/N, Ca/Mg, Ca/K dengesizlikleri de neden olabilmektedir. Bu nedenle dengeli gübrelemeye önem verilmelidir (Taylor ve Locascio, 2004).

Bitki dokularındaki kalsiyumun (Ca) büyük bir bölümü, hücre duvarlarında yer alır. Pektatlar şeklinde bulunan Ca hücre duvarlarının ve bitki dokularının güçlenmesinde temel görev üstlenmiştir. Kalsiyum noksanlığında bitki dokularında biriken poligalakturonaz Ca-pektatların parçalanmalarına neden olur Bunun sonucu olarak hücre duvarları parçalanır, dokular etkilenir. Bu olgunun belirtileri özellikle yaprak ayalarında ve gövdenin üst kısımlarında görülür. Hücre duvarlarında yer alan Ca pektatlar bitki dokularını ve meyveleri mantar ve bakteri enfeksiyonlarına karşı da korurlar. Belirtilen işlevleri yanında daha birçok işlevi bulunan Ca, meyve oluşumu, gelişimi ve kalitesi üzerinde de önemli işlevler üstlenmektedir (Konno ve ark., 1984; Kacar ve Katkat, 2010).

Kalsiyum eksikliğinin yeşil aksamda da ortaya çıkan çeşitli belirtileri olmasına rağmen, öncelikle meyve kalitesine olan etkisi dikkat çekicidir. Bunlardan domates başta olmak üzere çeşitli meyvelerde de görülen, çiçek burnu çürüklüğü, öz çürümesi, çatlamlar, şekil bozuklukları, raf ömrünün kısılması, depolama kalitelerinin düşmesi gibi durumlar, Ca eksikliğinde karşılaştığımız beslenme sorunlarından bazılarıdır (Bergmann, 1992; Marschner, 1995).

Kalsiyum bitki bünyesine toprak çözeltisi ile temas halinde olan kök tüylerinin epidermal hücre duvarlarında Ca'u geçirebilen iyon kanalları vasıtasıyla Ca^{++} formunda doğrudan alınır ve ksilem iletim demetlerine taşınır (White ve Broadley, 2003). Kalsiyum, genellikle endodermis hücreleri henüz mantarlaşmamış genç kök uçları tarafından alınmakta ve iyi bir kök gelişiminin bitkinin Ca beslenmesi üzerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir. İyi gelişmiş bir kök ve kök ucundaki kök tüyleri, kökün absorpsiyon yüzey alanını oldukça genişletmekte olup, başta Ca olmak üzere besin elementlerinin alımında önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Kacar ve Katkat, 2010).

Kalsiyumun bitki tarafından alınması ve taşınması üzerinde su son derece önemli bir faktördür. Kalsiyumun kök etki alanına taşınımındaki ana mekanizma olan kitle akışı, ancak suyun olduğu koşullarda gerçekleşmektedir. Aynı zamanda, kök tarafından alınmış olan Ca'nın taşınmasında da su en temel etkidir. Dolayısıyla su hareketinin olmadığı koşullarda bitkilerin Ca eksikliği göstermesi kaçınılmaz bir

durumdur. Bitkideki su hareketi transprasyonla yakından ilgilidir. Transprasyon oranının düştüğü koşullarda toprakta yeterli Ca olsa bile bitkiler bundan yararlanamamakta ve Ca eksikliği belirtileri ortaya çıkmaktadır (Kacar ve Katkat, 2007).

Kalsiyum bakımından fakir olan topraklarda az ürün elde edilir ve üründeki protein oranı çok azalır. Bitkilerde kalsiyum noksanlığı, meristem dokuların büyümesini yavaşlatır. Sürgün ucu tomurcuklarında ve köklerin büyüme uçlarında gelişme durur ve dolayısıyla bitkinin gelişmesi de durur. Genç yapraklar deforme olur. Yaprak kenarlarında siyah ve kahverengi nekrozlar meydana gelir. Yaprak uçları daha çok kuru ya da gevrek (kolay kırılır) bir hal alır ve yaprak eninde sonunda solar ve ölür (Boşgelmez ve ark., 2001; Güzel ve ark., 2002; Gardiner ve Miller, 2008; McCauley ve ark., 2009).

Kurak bölge topraklarında fazla bulunması halinde kalsiyum diğer bazı besin elementlerinin, özellikle mikro besin elementlerinin alınmasında antagonistik etki yapmaktadır. Örneğin toprakta gereğinden fazla kalsiyum bulunması halinde potasyum, demir, fosfor ve diğer elementler bitkilerin yararlanamayacağı formlara dönüşür (Boşgelmez ve ark., 2001; Aktaş ve Ateş, 2005).

Yapılan bu çalışmada tuz stresi altındaki biber bitkisinde kalsiyum (Ca) etkilerinin morfolojik ve biyokimyasal boyutu araştırılmıştır. Bu amaçla tuz stresine maruz kalan biber bitkisine Ca'lı bileşenler uygulanarak, yapılan uygulamanın tuz stresi üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

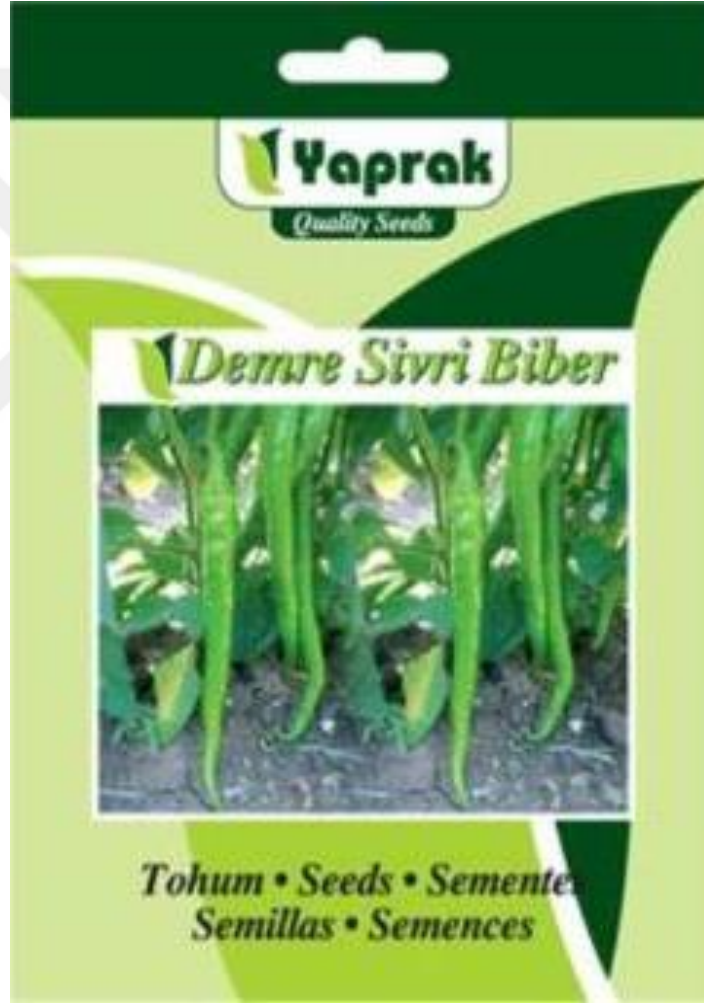


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyali

Bu araştırma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarında bulunan iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada, Demre sivri biber çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.1).



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



Şekil 3.2. Sivri demre biber bitkisinin çimlenme aşaması.



Şekil 3.3. Bitkileri süngerle sarıp delikli plastik küvetlere yerleştirilmesi.



Şekil 3.4. Biber bitkisinin havalandırma ve su kültürüne alınma aşaması.



Şekil 3.5. Çalışma sonunda bitkilerin genel durumları.

3.2. Yöntem

Deneme, normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında ve su kültüründe yürütülmüştür. Denemede normal atmosferin sağlanmasındaki temel amaç tuz stresinin etkilerinin normal şartlarda olduğu gibi oluşmasını sağlamaktır. Bu sayede bitkilerin dış ortamda maruz kaldığı stres seviyesi en az hata payı ile ölçülmüş olacak ve ulaşılan sonuçların uygulanması sonucunda elde edilen sonuçlar çalışma sonuçları ile daha fazla tutarlılık gösterilmiş olmasındır.

İncelemede öncelikle biber tohumları, elekten geçirilen pomza ile doldurulmuş 40x25x5 cm boyutlarındaki plastik çimlendirme kaplarına 150'şer adet tohum ekilerek sonra çeşme suyu ile sulanma yapılmıştır. Normal sulama suyu veya biberin yetiştiği

ortamdaki suların iç ortamda sulama amacıyla kullanılması mümkün olmadığı için bu sulama yöntemine başvurulmuştur.

Çimlendirme kaplarının alt yüzeyi 0.5 cm çapında toplam 9 adet deliğe sahip olup, sulama suyunun bitkiler tarafından drene edilmesi sağlanmıştır. Pomza iyice ıslandıktan ve sulama suyunun fazlası süzöldükten sonra çimlendirme kapları, $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilerek, üzerleri A4 kâğıdıyla örtülüp kaplar düzenli olarak kontrol edilerek ve ıslatılan ponza kurumayacak şekilde azar azar çeşme suyu ile sulanmaya devam edilmiştir.

Kotiledon yaprakları yatay duruma gelen ve ilk gerçek yaprakları (3-4) görölmeye başlayan fidelerin daha iyi gelişmeleri için sulamaları Hoagland besin çözeltisiyle yapılmaya başlanmıştır. (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. Özel olarak hazırlanmış ve her fide için üzerine delikler açılmış plastik tablalara biber fideleri küçük sünger parçaları ile sarılmak suretiyle yerleştirilmiştir. Bitki kökleri besin çözeltisinde olacak şekilde tablalar küvetlerin üzerine konulmuştur. Havalandırma işlemi, akvaryum pompasına bağlı bulunan ince plastik hortumların besin çözeltisi içerisine daldırılması yoluyla yapılmıştır.

Fideler iki hafta süreyle su kültüründe büyütülmesi ile ve 4-5 gerçek yaprağa sahip olan fidelere tuz uygulamasına başlanmıştır. Deneme tam şansa bağlı deneme desenine göre, üç tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki olacak şekilde kurulmuştur.

Tuz uygulanacak fideler için besin çözeltisine (1/2 Hoagland) 75 mM tuz konsantrasyonunu sağlanmasıyla NaCl ilave edilmiştir. Her hafta yinelenen çözeltilerin tazelenmesi aşamasında, tuz uygulamalarının aynı konsantrasyon da devamı sağlanmıştır. Biber fidelerine tuzla birlikte (NaCl) 5 farklı dozda (150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm) Ca ilave edilmiştir. Sonuç olarak kontrol, tuz+Ca (150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, 300 ppm, 350 ppm) olmak üzere 6 farklı 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 Ca1+Tuz (ppm)	Uyg.3 Ca2+Tuz (ppm)	Uyg.4 Ca3+Tuz (ppm)	Uyg.5 Ca4+Tuz (ppm)	Uyg.6 Ca5 +Tuz (ppm)
Azot (N)	186	186	186	186	186	186
Fosfor(P)	31	31	31	31	31	31
Potayum(K)	167	167	167	167	167	167
Magnezyum(Mg)	49.28	49.28	49.28	49.28	49.28	49.28
Kalsiyum(Ca)	200	150	200	250	300	350
Kükürt(S)	66	66	66	66	66	66
Demir(Fe)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Mangan(Mn)	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031
Bor(B)	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
Bakır(Cu)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Çinko(Zn)	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023

Kullanılan besin solüsyonu (Hoagland ve Arnon, 1938) 'e göre hazırlanmıştır.

Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, tuz uygulamasından hemen önce (0.gün) ve tuz uygulamasının 20. gününde olmak üzere iki defada yapılmıştır. Alınan bu örneklerde, temel bazı büyüme parametreleri (kök ağırlığı (g), gövde ağırlığı (g), yaprak ağırlığı (g), toplam bitki ağırlığı (g), bitki boyu (cm), yaprak sayısı (adet), 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

Kök ağırlığı, gövde ağırlığı, yaprak ağırlığı ve toplam bitki ağırlığının belirlenmesi üç tekerrürlü olarak 1/10.000 lik hassas dijital terazi ile tartılmıştır. Bitki boyu cetvel ile cm olarak ölçülmüştür. Yaprak sayısı adet olarak belirtilmiştir.

3.2.2. 1-5 Skalası ile değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek amacıyla 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: Yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma

- 3: Yapraklarda sararma ve %25 oranında nekrotik lekelenmeler
- 4: Yapraklarda %50-75 oranında nekrotik leke göstermesi ve ölümlerin görülmesi
- 5: Yapraklarda %75-100 oranında şiddetli nekrozlar ve bitkinin tamamen ölmesi

3.2.3. Mineral element analizleri

Bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarından alınan bitki örnekleri -84°C 'deki derin dondurucuda saklanmıştır. İyon analizleri için derin dondurucuda saklanan her bir kök, gövde ve yaprak örneğinden 200 mg tartılarak, üzerine 10 ml 0.1 N HNO_3 (Nitrik asit) ilave edilerek bir hafta süreyle kapaklı plastik kutularda oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiş örnekler, bu sürenin sonunda çalkalayıcıda 24 saat süreyle çalkalanmıştır. Çalkalama işleminden sonra kutularda bulunan örnekler kaba filtre kağıdından geçirilerek süzölmüştür (Şekil 3.6). 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).

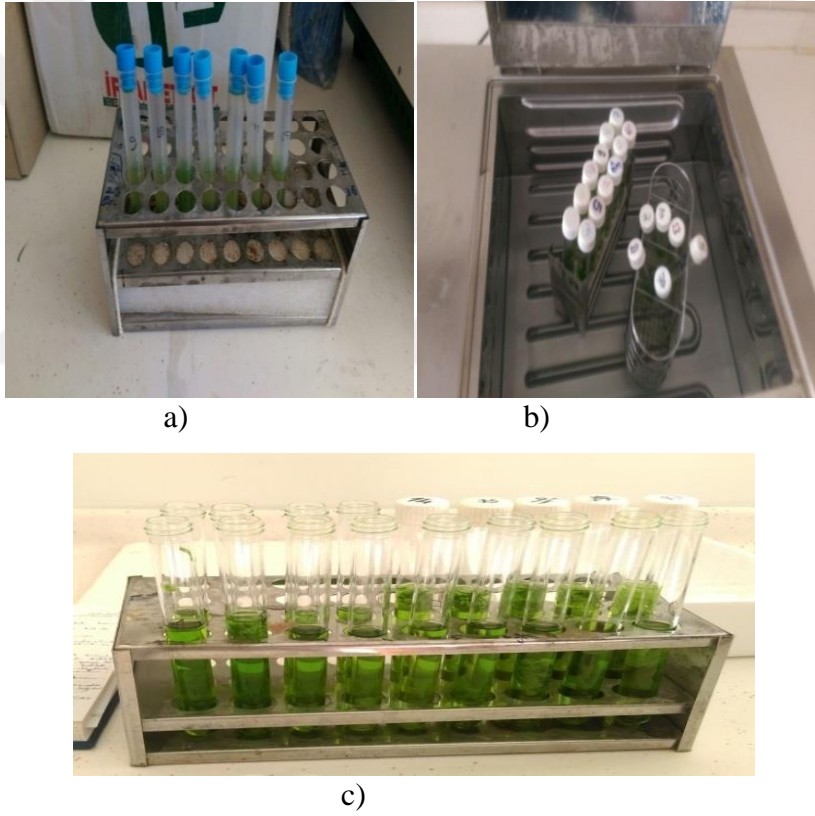


Şekil 3.6. İyon analizinde yaş yakma metodu ile süzüklerin hazırlanması aşaması.

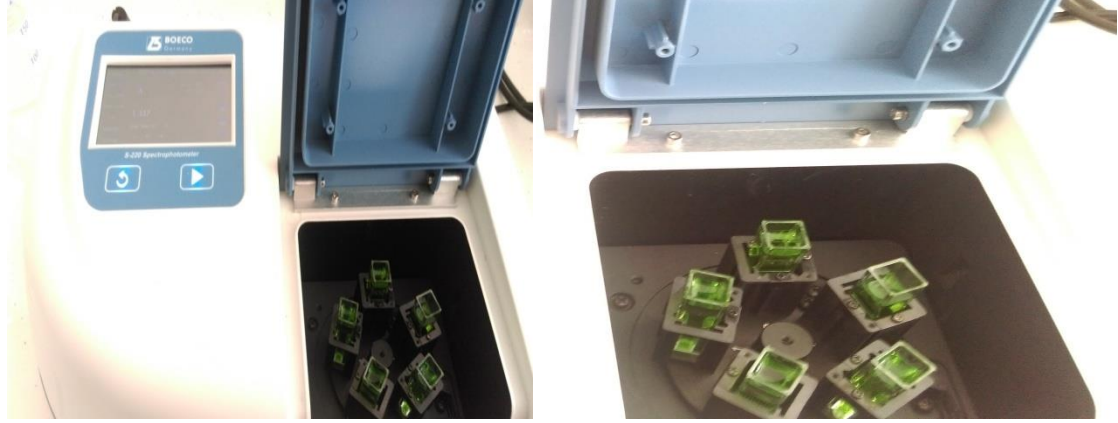
3.2.4. Klorofil analizi

Bitkilerin uç kısımlarından geriye doğru ilk üç yaprak alınarak, bu örnekler analiz yapılıncaya kadar -84°C 'deki derin dondurucuda saklanmıştır. -84°C 'de donmuş olan yaprak örneklerinden 200 mg alınarak, %80'lik etanol içerisinde, yaş yaprak örneğindeki toplam klorofil miktarı aşağıdaki formül (Eş. 3.1) kullanılarak $\mu\text{g}/\text{mg}$ taze konularak 80°C 'deki su banyosunda 20 dakika süreyle bekletildikten sonra 654 nm 'de absorbans değerleri spektrofotometrik olarak okunmuştur (Şekil 3.7; Şekil 3.8) (Luna ve ark., 2000). Bu ölçümler sonunda ağırlık olarak belirtilmiştir.

$$\text{Toplam klorofil} = \text{Absorbans değerleri} \times 1000/39.8 \times \text{örnek miktarı} \quad (3.1)$$



Şekil 3.7. Klorofil analizinde yapılan işlemler (a: Örneklerin %80'lik etanol içerisinde bekletilme aşaması, b:Sıcak su banyosunda bekletilme aşaması, c:sıcak su banyosuna alınmadan önceki hali).



Şekil 3.8. Spektrofotometrede okumanın yapılması.

3.2.5. Lipid peroksidasyonu

Hücre zarlarının hasar görmesi olarak adlandırılabilir lipid peroksidasyonunun bir ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarının belirlenmesi için Lutts ve ark. (1996), tarafından bildirilen yöntem izlenmiştir. Bu yöntemle göre; bir önceki bölümde klorofil analizi için bitki örneği alınması ve derin dondurucuda saklanmasına kadar yapılan tüm işlemler aynen kullanılarak hazırlanmış yaprak örneklerinden, 200 mg tartılarak alınmıştır (Şekil 3.9). 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 tiobar bütirik 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.



a)

b)

Şekil 3.9. Lipid peroksidasyonu aşamaları (a: alınan yaprak örneklerinin havanda ezilme aşaması, b) yapılan ezilme işleminin tüplerde görünümü).

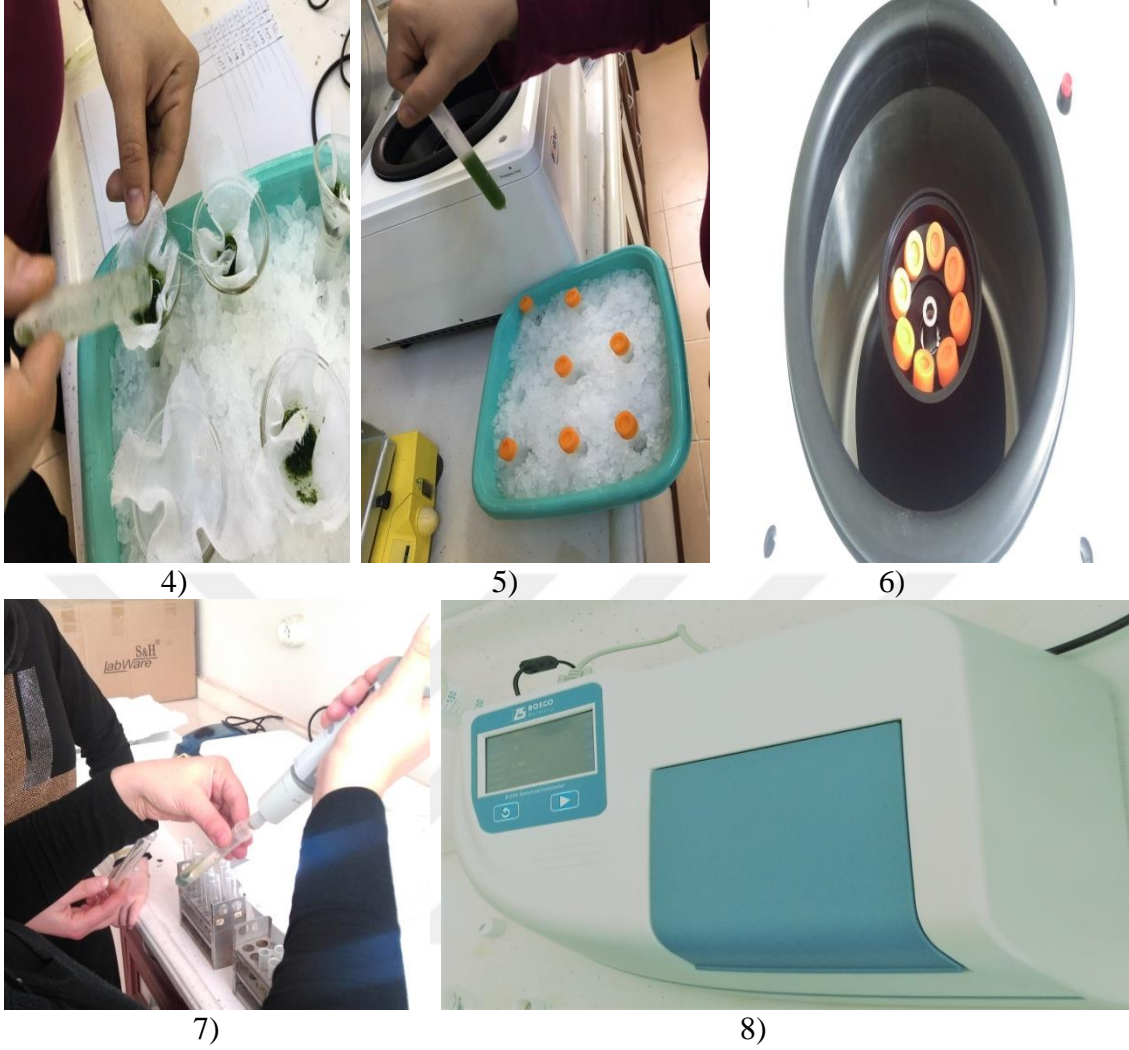
3.2.6. Spektrofotometrik enzim aktiviteleri

Tuz, stresi altındaki bitkilerde meydana gelebilecek enzim aktivitelerindeki değişimi incelemek için yaklaşık 1 gr taze yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içinde 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 süresince 15000 g'da santrifüj edildikten sonra elde edilen santrifüjantlar enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapılmıca kadar +4°C sıcaklıkta tutulması amacıyla kar içinde tutulmuştur. Ölçümler spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).

Superoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre, askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, 290 nm'de ($E=2.8 \text{ mM cm}^{-1}$) askorbatın oksidasyonu, katalaz aktivitesi (CAT), H_2O_2 'nin 240 nm'de ($E=39.4 \text{ mM cm}^{-1}$) parçalanma oranı esas alınarak yapılmıştır (Çakmak ve Marschner,1992; Çakmak,1994).



Şekil 3.10. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizleri yapılma aşamaları (1: örneğin sıvı azotta öğütülme aşamaları, 2: öğütülmüş örneği tüpe alınması, 3:örneğin vortexte homojen şekilde dağılması).



Şekil 3.11. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizleri yapılma aşamaları. Şekil 4,5: örneğin süzülme ve kar içinde bekletilme aşaması, 6: santrifüj edilme aşaması, 7: süpernetanın alınma aşaması, 8: spektrofotometrede okumanın yapılması.

3.2.7. Değerlendirmelerin yapılması

Deneme tam şansa bağlı tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olup her tekerrürde 15 bitki olarak kurulmuştur. Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi ($P < 0.05$)'e göre yapılmıştır.

4. BULGULAR

Tuz stresi altındaki Demre biber bitkisinde kalsiyumun (Ca) morfolojik ve biyokimyasal etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, tuz uygulaması ile birlikte demre biber bitkisine farklı dozlarda kalsiyum uygulanarak, bitkilerin tuza olan toleransının nasıl etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda alınan örneklerde, bazı bitki gelişim parametreleri, tuza tolerans skala değerleri, iyon, MDA, klorofil, ve enzim miktarları belirlenmiştir.

4.1. Bitki Gelişimiyle İlgili Özellikler

20. gün sonunda tuz stresine tabi tutulan Demre biber bitkilerinin, kök ağırlığı (g), gövde ağırlığı (g), yaprak ağırlığı (g), toplam bitki ağırlığı (g), bitki boyu (cm) ve yaprak sayısı (adet) ölçülmüş ve elde edilen değerler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

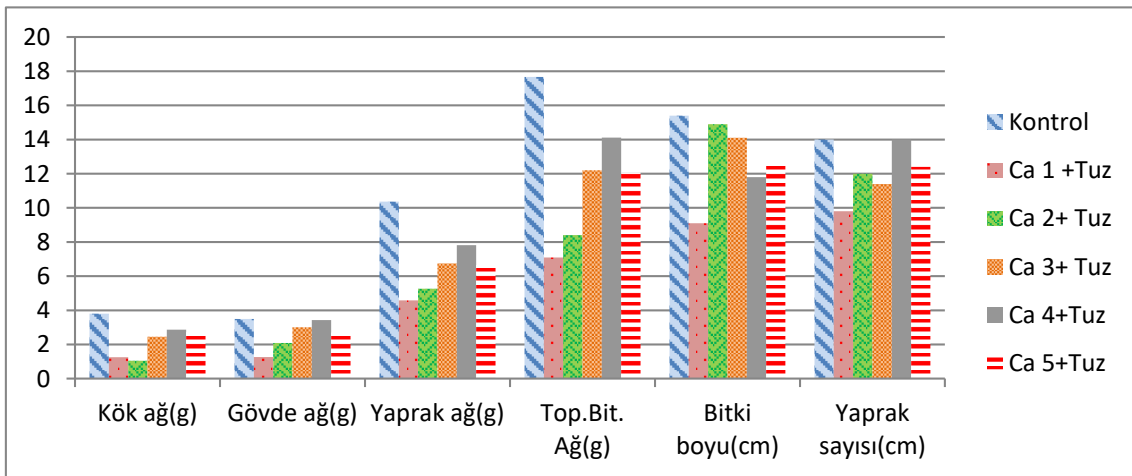
Çizelge 4.1. Uygulamalardan sonra alınan örneklerde bazı büyüme ve gelişme parametreleri

Uyg.	Kök ağ (g)	Gövde ağ (g)	Yaprak ağ (g)	Top. Bit.ağ (g)	Bitki boyu (cm)	Yap. Say.(adet)
Kontrol	3.804 A	3.497 A	10.362 A	17.664 A	15.4 A	14.0 A
Ca 1 +Tuz	1.251 D	1.264 E	4.581 D	7.096 E	9.1 D	9.8 C
Ca 2 +Tuz	1.046 D	2.087 D	5.269 D	8.402 D	14.9 AB	12.0 B
Ca 3+Tuz	2.454 C	3.008 B	6.743 C	12.206 C	14.1 B	11.4 B
Ca 4+Tuz	2.865 B	3.432 A	7.819 B	14.117 B	11.8 C	14.0 A
Ca 5+ Tuz	2.724 B	2.703 C	6.653 C	12.081 C	12.6 C	12.4 B
P Değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

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

20 günlük tuz stresi sonucunda kontrol grubuna kıyasla, diğer tüm tuz uygulamalarının kök ağırlıklarında (g) istatistiksel olarak önemli düşüşlerin olduğu görülmektedir. Tuz uygulaması yapılmış bitkiler içinde kök ağırlığı bakımından en yüksek değer kontrol (3.804) grubunda ölçülürken, kontrol grubuna en yakın değerler ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan Ca 4+Tuz (2.865) ve Ca 5+Tuz (2.724) uygulamalarında ölçülmüştür. En düşük değerler ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan Ca 2+Tuz (1.046) ve Ca 1+Tuz (1.251) uygulamalarında ölçülmüştür. Gövde ağırlığı bakımından en yüksek değerleri kontrol grubunda (3.497) ölçülürken, kontrol

grubuna en yakın değer ise istatikselsel olarak aynı grupta yer alan Ca 4+Tuz (3.432) uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değer ise Ca 1+Tuz (1.264) uygulamasında belirlenmiştir. Gövde ağırlıkları bakımından tuz uygulamaları arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Yaprak ağırlığı bakımından en yüksek değer kontrol (10.362 g) grubunda ölçülürken, kontrol grubuna en yakın değer ise Ca 4+Tuz (7.819) uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değerler ise aynı istatikselsel grupta yer alan Ca 1+Tuz (4.581) ve Ca 2+ Tuz (5.269) uygulamalarında ölçülmüştür. Yaprak ağırlığı bakımından tuz uygulamaları arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Toplam bitki ağırlığı bakımından en yüksek değer kontrol (17.664) grubunda ölçülürken, kontrol grubuna en yakın değer ise Ca 4+Tuz (14.117) uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değer ise Ca 1+Tuz (7.096) uygulamasında belirlenmiştir. Ca 3 + Tuz ve Ca 5 +Tuz ise istatikselsel olarak aynı grupta yer almıştır. Bitki ağırlığı bakımından tuz uygulamaları arasında genel olarak farklılıklar görülmüştür. Bitki boyu bakımından en yüksek değer kontrol (15.4) grubunda ölçülürken, kontrol grubuna en yakın değer ise Ca 2+Tuz (14.9) uygulamasında ölçülmüştür. En düşük değer ise Ca 1+Tuz (9.1) uygulamasında ölçülmüştür. Ca 4+ Tuz ve Ca 5+ Tuz ise aynı istatikselsel grupta yer almıştır. Bitki boyu bakımından tuz uygulamaları arasında farklılıklar olduğu görülmüştür. Yaprak sayısına bakıldığında en yüksek değer kontrol (14.0) grubundaki bitkilerden elde edilirken, en düşük değer ise Ca1+Tuz (9.8) uygulamasında ölçülmüştür. Kontrol bitkileri ile aynı yaprak sayısına sahip olan uygulamanın ise Ca 4+Tuz (14.0) olduğu belirlenmiştir. Ca 2+ Tuz, Ca 3+ Tuzve Ca 5+ Tuzaynı istatikselsel grupta yer almıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Bitkilerin kök, gövde, yaprak ve toplam bitki ağırlıkları, bitki boyu ve yaprak sayıları.

4.1.1. Yapraklardaki semptomlara göre skala değerleri

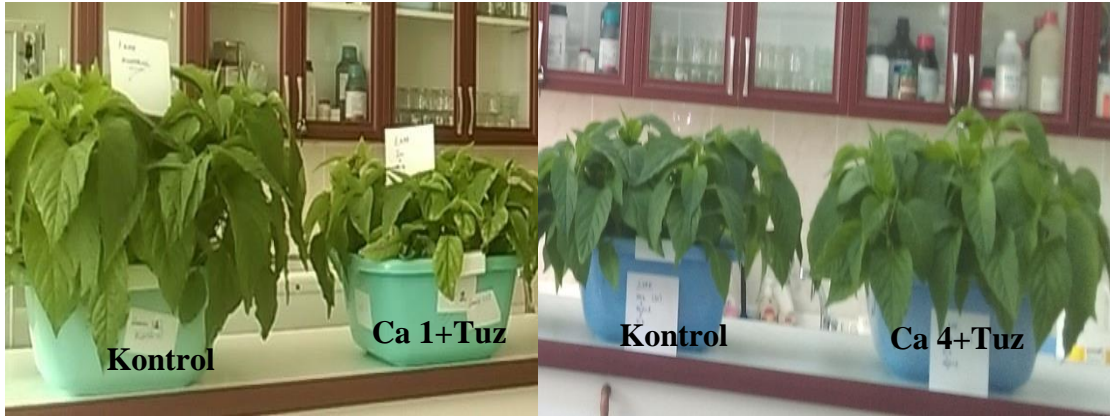
Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koymak amacıyla yapılan skala oluşturma yönteminde belirtildiği şekilde fidelere 1 ile 5 arası puan verilmiştir (izelge 4.2).

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

Uygulama	Sıra No	Skala Değerleri
Kontrol	1	1
Ca 1+ Tuz	2	4.5
Ca 2+ Tuz	3	3
Ca 3+ Tuz	4	2.5
Ca 4+Tuz	5	1.5
Ca 5+Tuz	6	2

Puanlaması yüksek olan skala değerleri, tuzdan en çok etkilenen uygulamadır.

Skala değerlerine bakıldığında tuzdan en az etkilenen bitkilerin Ca 4+Tuz uygulamasında olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla Ca 5+Tuz, Ca 3+ Tuz ve Ca 2+Tuz uygulamaları izlemektedir. Morfolojik olarak en fazla zararlanma gören uygulama ise Ca 1+Tuz uygulamasıdır (şekil 4.2; şekil 4.3).



şekil 4.2. Morfolojik olarak en az ve en fazla tuzdan etkilenen bitkilerin görünümleri.



Şekil 4.3. Sonlanan çalışmanın (20. Gün) skala oluşturulduğunda bitkilerin genel durumları (Kontrol, 1=Ca1+tuz, 2=Ca2+tuz, 3=Ca3+tuz, 4=Ca4+tuz, 5=Ca5+tuz).

4.1.2. Bitki organlarındaki iyon birikim miktarları

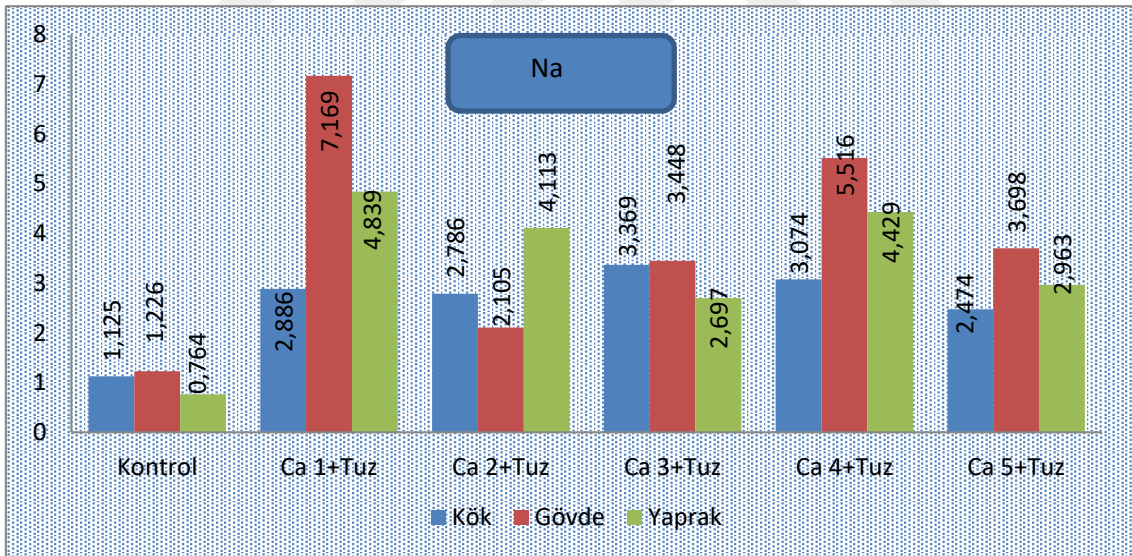
20 günlük 75 mM NaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Na iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

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

UYGULAMA	Kök Na	Gövde Na	Yaprak Na	P Değeri
Kontrol	1.125 C a	1.226 E a	0.764 B a	0.1170*
Ca 1+ Tuz	2.886 AB b	7.169 A a	4.839 A ab	0.0381*
Ca 2+Tuz	2.786 AB a	2.105 DE a	4.113 A a	0.1546*
Ca 3+Tuz	3.369 A a	3.448 CD a	2.697 AB a	0.3875*
Ca 4+Tuz	3.074 AB b	5.516 B ab	4.429 A b	0.0226*
Ca 5+Tuz	2.474 B b	3.698 C a	2.963 AB ab	0.0668*
P Değeri	0.0005*	0.0000*	0.0175*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Na⁺ birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kökteki Na iyonu incelendiğinde kontrol (1.125) grubuna kıyasla Na iyonu bakımından en düşük değer Ca5+Tuz (2.474) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca3+Tuz (3.369) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Na iyonu incelendiğinde kontrol (1.226) grubuna kıyasla Na iyonu bakımından en düşük değer Ca2+Tuz (2.105) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca1+Tuz (7.169) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Na iyonu incelendiğinde kontrol (0.764) grubuna kıyasla Na iyonu bakımından en düşük değer Ca3+Tuz (2.697) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca1+Tuz (4.839) uygulamasında ölçülmüştür. Tuz uygulamalarında Ca3+Tuz ve Ca5+Tuz uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer alırken Ca1+Tuz, Ca2+Tuz ve Ca4+Tuz uygulamalarında aynı istatistiksel grupta olup farklı bir değer aralığında yer almıştır. Tüm uygulamaların kök, gövde ve yapraklarında Na birikimi kontrol grubuna kıyasla artış göstermiştir. Genel olarak Na iyonu miktarı gövde kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.4).



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

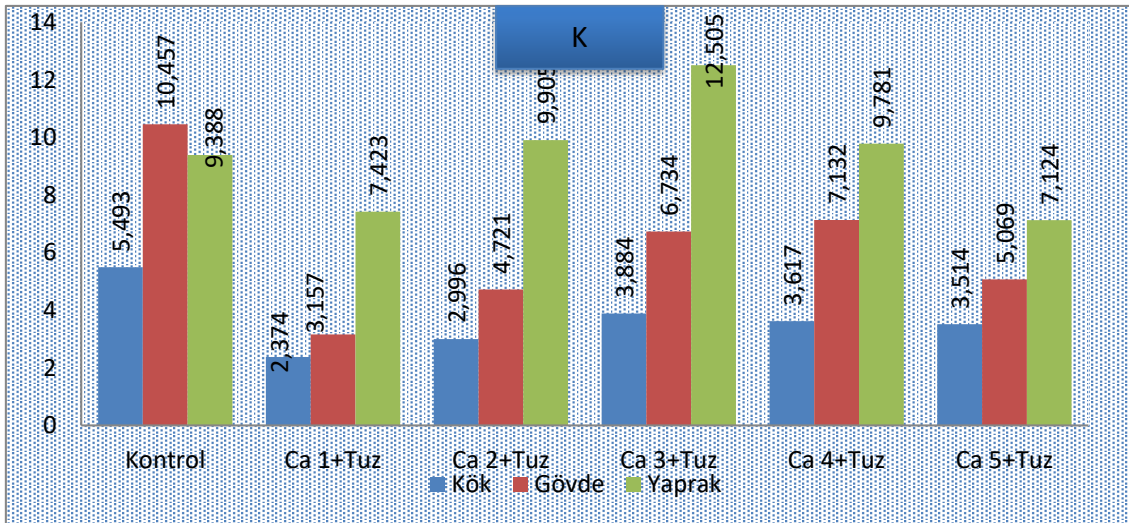
20 günlük 75 mM NaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki K iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir.

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

UYGULAMA	Kök K	Gövde K	Yaprak K	P Değeri
Kontrol	5.493 A a	10.457 A b	9.388 AB b	0.0010*
Ca 1+Tuz	2.374 C a	3.157 D b	7.423 B b	0.0009*
Ca 2+Tuz	2.996 BC b	4.721 CD b	9.905 AB a	0.0207*
Ca 3+Tuz	3.884 B b	6.734 BC b	12.505 A a	0.0048*
Ca 4+Tuz	3.617 B c	7.132 B b	9.781 AB a	0.0010*
Ca 5+Tuz	3.514 BC c	5.069 CD b	7.124 B a	0.0027*
P Değeri	0.0019*	0.0001*	0.0724*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraklardaki Na^+ birikimi bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kökteki K iyonu incelendiğinde kontrol (5.493) grubuna kıyasla K iyonu bakımından en düşük değer Ca1 +Tuz (2.374) uygulamasından, en yüksek değer ise Ca 3+Tuz (3.884) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki K miktarına bakıldığında kontrol (10.457) grubuna kıyasla en yüksek değer Ca 4+Tuz (7.132) uygulamasından, en düşük değer ise Ca 1+Tuz (3.157) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki K iyonu incelendiğinde en düşük K iyonu miktarı Ca 5+Tuz (7.124) uygulamasından, en yüksek değer ise Ca 3+Tuz (12.505) uygulamasında görülmüştür. Organlar arasında K iyonu en çok yaprakta biriktiği görülmüştür. Kök ve gövdede K iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla diğer uygulamalarda azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.5).



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

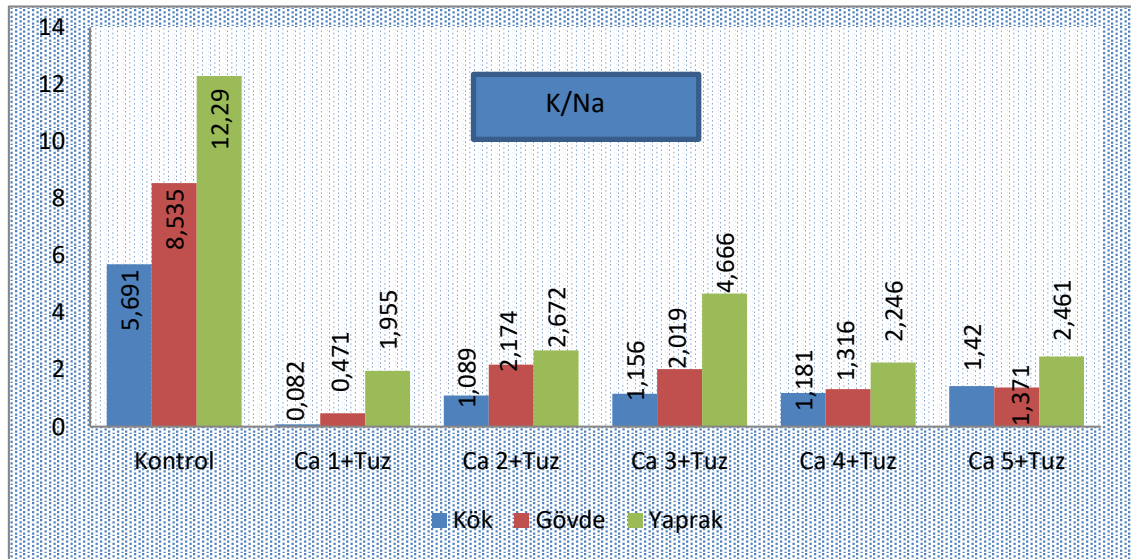
Biber bitkilerine tuz ile birlikte kalsiyum uygulamaları sonucunda kök, gövde ve yapraktaki K^+ / Na^+ oranı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

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

UYGULAMA	Kök K/Na	Gövde K/Na	Yaprak K/Na	P Değeri
Kontrol	5.691 A b	8.535 A b	12.290 A a	0.0001*
Ca 1+Tuz	0.082 C b	0.471 D b	1.955 C a	0.0018*
Ca 2+Tuz	1.089 BC b	2.174 B ab	2.672 C a	0.0849*
Ca 3+Tuz	1.156 BC b	2.019 BC b	4.666 B a	0.0008*
Ca 4+Tuz	1.181 B b	1.316 C b	2.246 C a	0.0463*
Ca 5+Tuz	1.420 B b	1.371 C b	2.461 C a	0.0127*
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.0000*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraktaki K^+ / Na^+ bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Organlar arasında en çok K^+ / Na^+ oranı artışı yaprakta görülmüştür. Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kontrol grubuna kıyasla diğer tüm uygulamalarda K^+ / Na^+ oranında azalma olduğu görülmüştür. Kalsiyum miktarı arttıkça kökteki K^+ / Na^+ oranında artış gözlenmiştir. Kontrol uygulamasından sonra en yüksek K^+ / Na^+ oranı Ca 3+Tuz uygulamasında görülmüştür (Şekil 4.6).



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

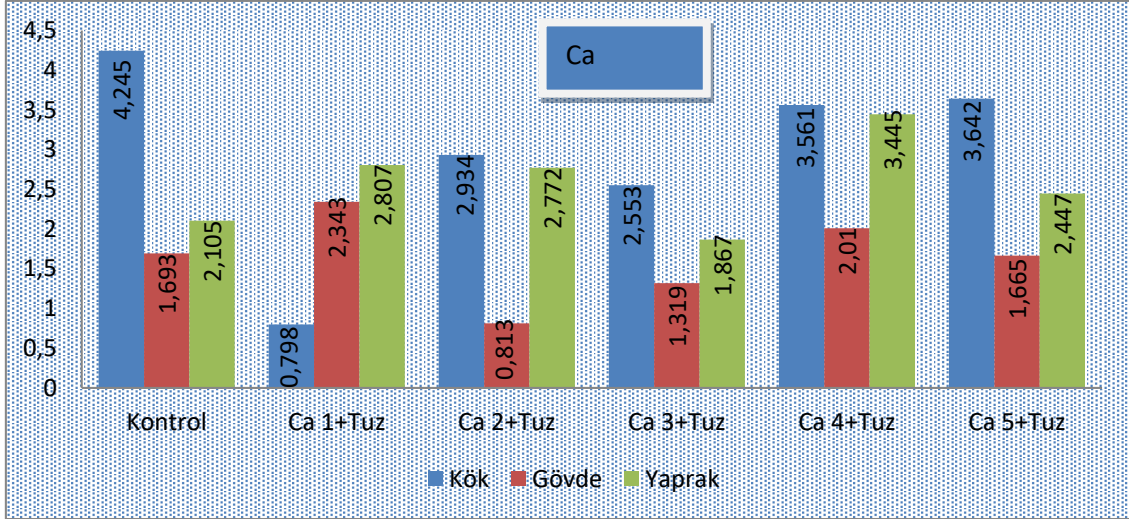
20 günlük 75 mM NaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Ca iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.6'da ve verilmiştir.

Çizelge 4.6. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca elementi iyonu birikimleri (μ g/mg T.A.)

UYGULAMA	Kök Ca	Gövde Ca	Yaprak Ca	P Değeri
Kontrol	4.245 A a	1.693 BC b	2.105 BC b	0.0067*
Ca 1+ Tuz	0.798 C b	2.343 A a	2.807 AB a	0.0006*
Ca 2+Tuz	2.934 B a	0.813 D b	2.772 AB a	0.0009*
Ca 3+Tuz	2.553 B a	1.319 C b	1.867 C ab	0.0580*
Ca 4+Tuz	3.561 AB a	2.010 AB b	3.445 A ab	0.0689*
Ca 5+Tuz	3.642 AB a	1.665 BC c	2.447 BC b	0.0000*
P Değeri	0.0007*	0.0001*	0.0167*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bütün bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında kontrole göre Ca iyonu miktarında artış ve düşüşlerin olduğu görülmektedir. Kökteki Ca iyonu incelendiğinde kontrol (4.245) grubuna kıyasla en yüksek değer Ca 5 +Tuz (3.642) uygulamasından en düşük değer ise Ca 1 +Tuz (0.798) uygulamasında görülmüştür. Kökteki kalsiyum iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla diğer tüm uygulamalarda azaldığı görülmüştür. Gövdedeki Ca miktarı incelendiğinde kontrol (1.693) grubuna kıyasla en yüksek değer Ca 1+Tuz (2.343) uygulamasından, en düşük değer ise Ca 2+Tuz (0.813) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Ca miktarı incelendiğinde kontrol (2.105) grubuna kıyasla en yüksek değer Ca 4+Tuz (3,445) uygulamasından, en düşük değer ise Ca 3+Tuz (1.867) uygulamasında görülmüştür. Kontrol grubuna kıyasla yapraktaki kalsiyum iyonu birikiminin Ca 3+Tuz uygulaması dışında diğer tüm uygulamalarda arttığı görülmüştür (Şekil 4.7).



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

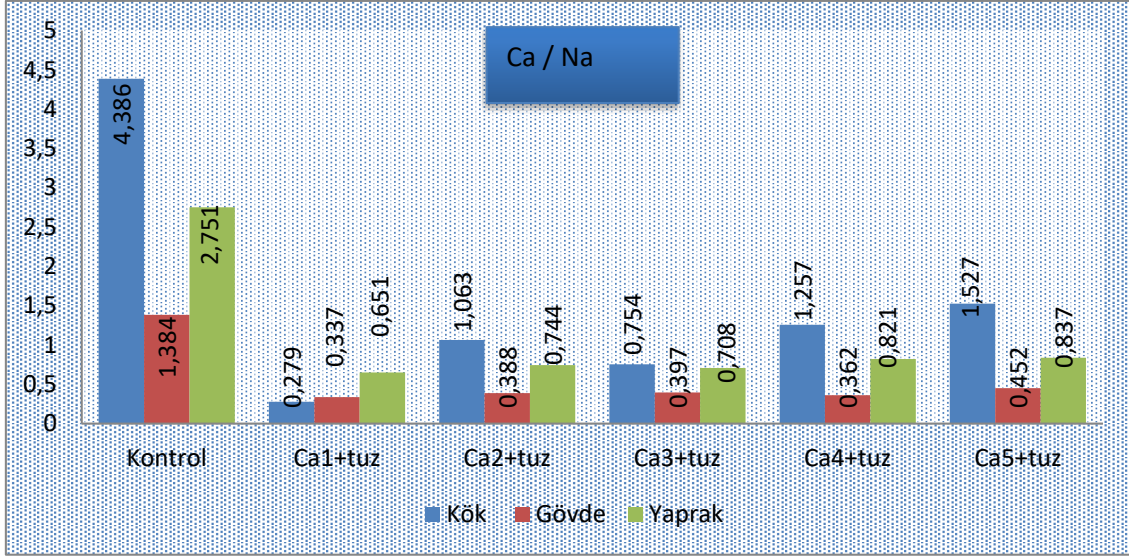
Biber bitkilerine tuz ile birlikte kalsiyum uygulamaları sonucunda kök, gövde ve yapraktaki Ca^{+}/Na^{+} oranı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca^{+}/Na^{+} oranı.

UYGULAMA	Kök Ca/ Na	Gövde Ca/Na	Yaprak Ca/Na	P Değeri
Kontrol	4.386 A a	1.384 A c	2.751 A b	0.0002*
Ca 1+ Tuz	0.279 D b	0.337 B b	0.651 B a	0.0016*
Ca 2+Tuz	1.063 BC a	0.388 B c	0.744 B b	0.0061*
Ca 3+Tuz	0.754 CD a	0.397 B b	0.708 B a	0.0310*
Ca 4+Tuz	1.257 BC a	0.362 B c	0.821 B b	0.0029*
Ca 5+Tuz	1.527 B a	0.452 B b	0.837 B b	0.0033*
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.0000*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraktaki Ca^{+}/Na^{+} bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Kontrol grubuna kıyasla kök, gövde ve yapraklardaki Ca^{+}/Na^{+} oranının tüm uygulamalarda azaldığı görülmüştür. Kontrol uygulamasından sonra en yüksek K^{+}/Na^{+} oranı Ca 5+Tuz uygulamasında görülmüştür. (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Ca⁺ / Na⁺ oranları.

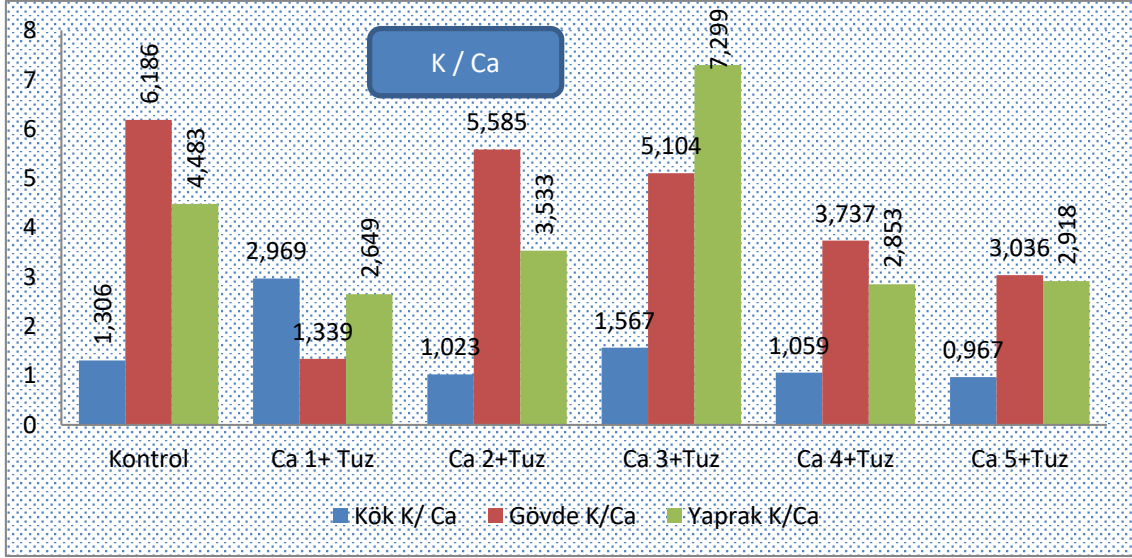
Biber bitkilerine tuz ile birlikte kalsiyum uygulamaları sonucunda kök, gövde ve yapraktaki K⁺ / Ca⁺ oranı bakımından elde edilen veriler Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K⁺ / Ca⁺ oranı.

UYGULAMA	Kök K/ Ca	Gövde K/Ca	Yaprak K/Ca	P Değeri
Kontrol	1.306 BC a	6.186 A b	4.483 B a	0.0000*
Ca 1+ Tuz	2.969 A a	1.339 D b	2.649 B a	0.0008*
Ca 2+Tuz	1.023 C c	5.585 A a	3.533 B b	0.0031*
Ca 3+Tuz	1.567 B b	5.104 AB a	7.299 A a	0.0170*
Ca 4+Tuz	1.059 C b	3.737 BC a	2.853 B a	0.0196*
Ca 5+Tuz	0.967 C b	3.036 C a	2.918 B a	0.0001*
P Değeri	0.0000*	0.0002*	0.0044*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bitkilerde kök, gövde ve yapraktaki K⁺/Ca⁺ oranı bakımından organlar arasında farklılıkların olduğu görülmüştür. Gövdedeki K⁺/Ca⁺ oranı incelendiğinde kontrol (6.186) grubuna kıyasla K⁺/Ca⁺ oranının tüm uygulamalarda azaldığı görülmüştür. Kalsiyum dozu arttıkça gövdedeki K⁺/Ca⁺ oranı düşmüştür. K⁺/Ca⁺ oranının en yüksek görüldüğü değer yapraktaki Ca 3+ Tuz uygulamasıdır.



Şekil 4.9. Kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen K^+ / Ca^+ oranları.

20 günlük 75 mMNaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Cl iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.8'te verilmiştir.

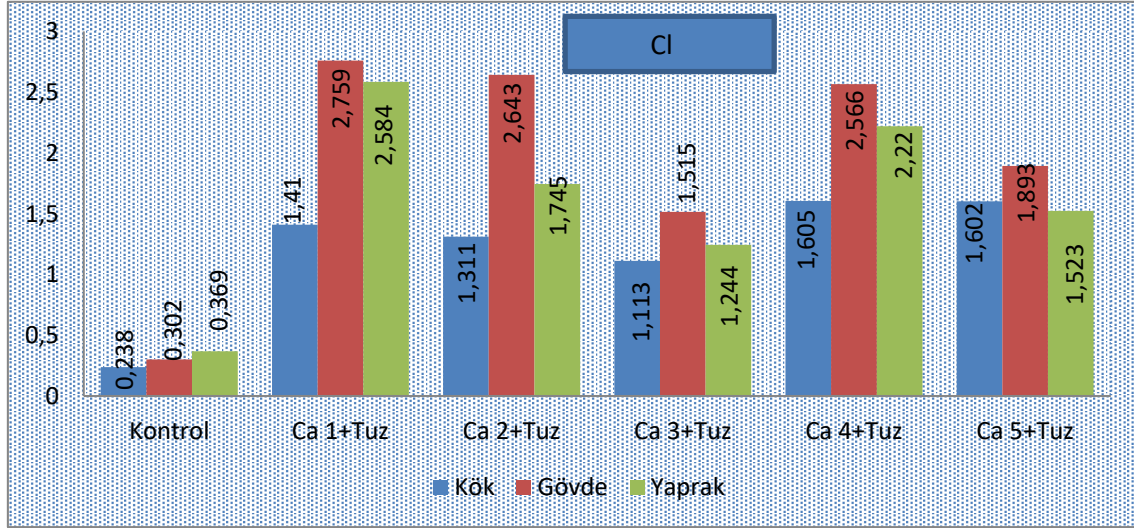
Çizelge 4.9. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl elementi iyonu birikimleri ($\mu g / mg$ T.A.)

UYGULAMA	Kök Cl	Gövde Cl	Yaprak Cl	P Değeri
Kontrol	0.238 C a	0.302 C a	0.369 D a	0.3486*
Ca 1+ Tuz	1.41 AB b	2.759 A a	2.584 A a	0.0025*
Ca 2+Tuz	1.311 AB b	2.643 A a	1.745 B b	0.0054*
Ca 3+Tuz	1.113 B b	1.515 B a	1.244 C b	0.0270*
Ca 4+Tuz	1.605 A b	2.566 A a	2.220 A a	0.0121*
Ca 5+Tuz	1.602 A a	1.893 B a	1.523 BC a	0.1232*
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.0000*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bütün bitkilerin kök, gövde ve yapraklarında önemli ölçüde Cl iyonu birikimi olduğu dikkati çekmektedir. Kökteki Cl iyonu incelendiğinde kontrol (0.238) grubuna kıyasla Cl iyonu bakımından en düşük değer Ca 3+Tuz (1,113) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 4+Tuz (1.605) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Cl iyonu incelendiğinde kontrol (0.302) grubuna kıyasla en yüksek değer Ca 1+Tuz (2.759) uygulamasından elde edilirken, en düşük değeri ise Ca 3+Tuz (1.515) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Cl iyonu birikimine

bakıldığında ise kontrol (0.369) grubuna kıyasla bu iyonun en düşük değeri Ca 3+Tuz (1.244) uygulamasında, en yüksek değerini ise Ca 1+Tuz (2.584) uygulamasında görülmüştür. Genel olarak Cl iyonu miktarı gövde kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.10. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cl birikimleri.

20 günlük 75 mM NaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Mg iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

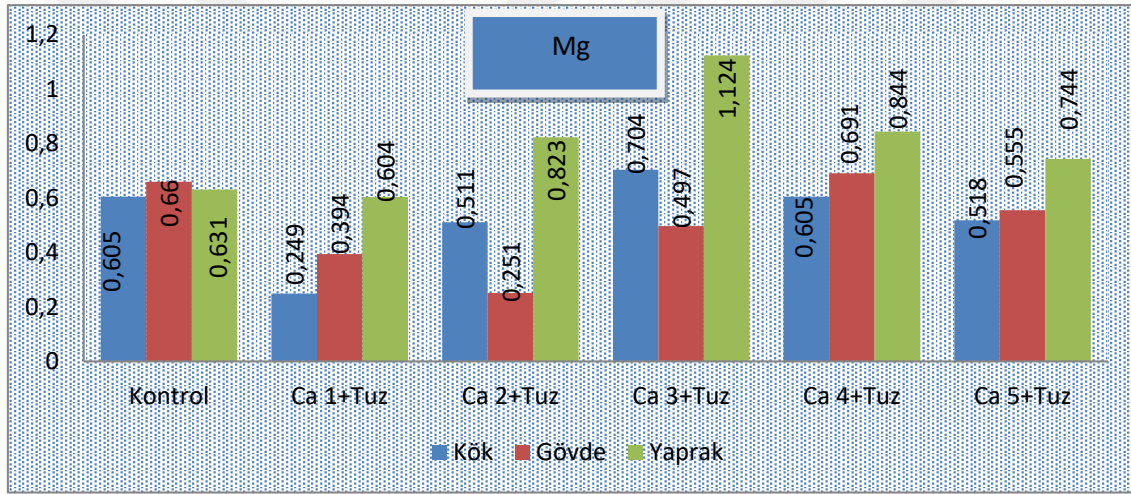
Çizelge 4.10. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg elementi iyonu birikimleri (µ g/ mg T.A.)

UYGULAMA	Kök Mg	Gövde Mg	Yaprak Mg	P Değeri
Kontrol	0.605 B a	0.660 Aa	0.631 C a	0.1826*
Ca 1+ Tuz	0.249 D c	0.394 C b	0.604 C a	0.0000*
Ca 2+Tuz	0.511 C b	0.251 D c	0.823 B a	0.0001*
Ca 3+Tuz	0.704 A b	0.497 B b	1.124 A a	0.0037*
Ca 4+Tuz	0.605 B b	0.691 A b	0.844 B a	0.0135*
Ca 5+Tuz	0.518 C b	0.555 B b	0.744 BC a	0.0001*
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.0005*	

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.

Tuz uygulaması yapılan bütün bitkilerin kök gövde ve yapraklarında kontrole göre Mg iyonu miktarında artış ve düşüşlerin olduğu görülmektedir. Kökteki Mg iyonu incelendiğinde kontrol (0.605) grubuna kıyasla Mg iyonu bakımından en düşük değer

Ca 1+Tuz (0,249) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 3+Tuz (0.704) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Mg iyonu incelendiğinde kontrol (0.660) grubuna kıyasla Mg iyonu bakımından en düşük değer Ca 2+Tuz (0,251) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 4+Tuz (0.691) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Mg iyonu incelendiğinde kontrol (0.631) grubuna kıyasla Mg iyonu bakımından en düşük değer Ca 1+Tuz (0,604) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 3+Tuz (1.124) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Mg iyonu birikimi kontrol grubuna kıyasla Ca 1+Tuz uygulamasında daha az biriktiği görülürken diğer tüm uygulamalarda ise daha fazla biriktiği görülmüştür. Genel olarak Mg iyonu miktarı yaprak kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.11. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mg birikimleri.

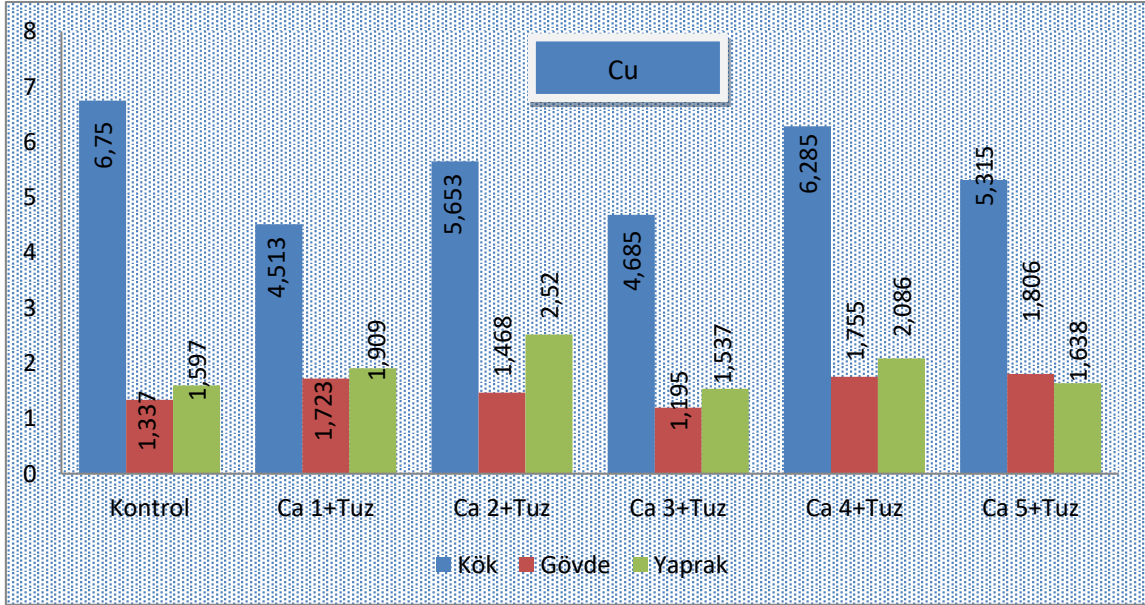
20 günlük 75 mMNaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Cu iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.)

UYGULAMA	Kök Cu	Gövde Cu	Yaprak Cu	P Değeri
Kontrol	6.750 Aa	1.337 AB b	1.597 B b	0.0000*
Ca 1+ Tuz	4.513 B a	1.723 A b	1.909 AB b	0.0004*
Ca 2+Tuz	5.653 AB a	1.468 AB b	2.520 A b	0.0012*
Ca 3+Tuz	4.685 B a	1.195 B b	1.537 B b	0.0033*
Ca 4+Tuz	6.285 A a	1.755 A b	2.086 AB b	0.0000*
Ca 5+Tuz	5.315 AB a	1.806 A b	1.638 B b	0.0002*
P Değeri	0.0458*	0.1183*	0.1400*	

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.

Kökteki Cu iyonu incelendiğinde kontrol (6.750) grubuna kıyasla Cu iyonu bakımından en düşük değer Ca 1+Tuz (4.513) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 4+Tuz (6.285) uygulamasında görülmüştür. Kökteki Cu iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla tüm uygulamalarda daha az biriktiği gözlenmiştir. Gövdedeki Cu iyonu incelendiğinde kontrol (1.337) grubuna kıyasla Cu iyonu bakımından en düşük değer Ca 3+Tuz (1.195) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 5+Tuz (1.806) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Cu iyonu birikimi kontrol grubuna kıyasla Ca 3+Tuz uygulamasında azaldığı görülürken diğer tüm uygulamalarda ise arttığı görülmüştür. Yapraktaki Cu iyonu incelendiğinde kontrol (1.597) grubuna kıyasla Cu iyonu bakımından en düşük değer Ca 3+Tuz (1.537) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 2+Tuz (2.520) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Cu iyonu birikimi kontrol grubuna kıyasla Ca 3+Tuz uygulamasında azalırken, diğer tüm uygulamalarda ise arttığı görülmüştür. Genel olarak Cu iyonu miktarı kök kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.12. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Cu birikimleri.

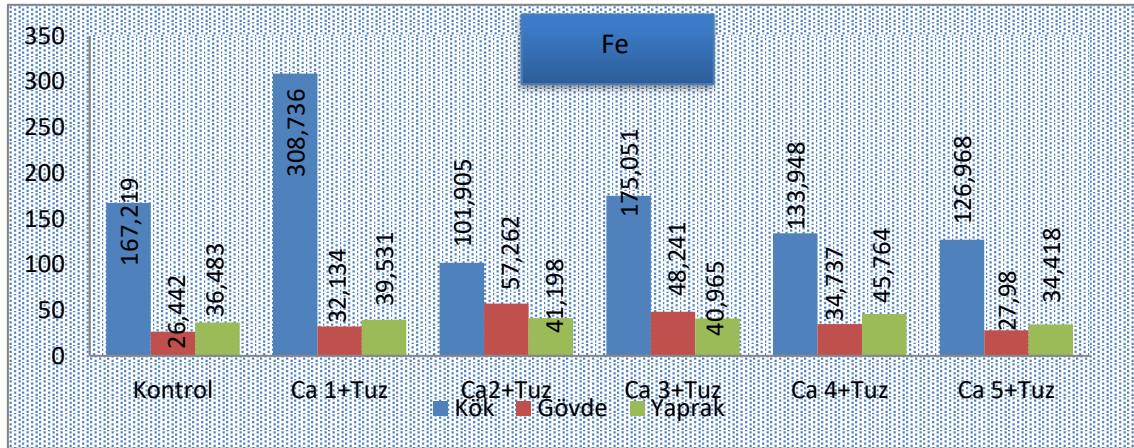
20 günlük 75 mM NaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Fe iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.)

UYGULAMA	Kök Fe	Gövde Fe	Yaprak Fe	P Değeri
Kontrol	167.219 B a	26.442 D a	36.483 B a	0.0000*
Ca 1+Tuz	308.736 A a	32.134 CD b	39.531 AB b	0.0000*
Ca 2+Tuz	101.905 D a	57.262 A b	41.198 AB c	0.0000*
Ca 3+Tuz	175.051 B a	48.241 B b	40.965 AB b	0.0000*
Ca 4+Tuz	133.948 C a	34.737 C c	45.764 A b	0.0000*
Ca 5+Tuz	126.968 C a	27.98 CD b	34.418 B b	0.0000*
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.1914*	

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.

Kökteki Fe iyonu incelendiğinde kontrol (167.219) grubuna kıyasla Fe iyonu bakımından en düşük değer Ca 2+Tuz (101.905) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 1+Tuz (308.736) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Fe iyonu incelendiğinde kontrol (26.442) grubuna kıyasla Fe iyonu bakımından en düşük değer Ca 5+Tuz (27.98) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 2+Tuz (57.262) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Fe iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla tüm uygulamalarda arttığı görülmüştür. Yapraktaki Fe iyonu incelendiğinde kontrol (36.483) grubuna kıyasla Fe iyonu bakımından en düşük değer Ca 5+Tuz (34.418) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 4+Tuz (45.764) uygulamasında görülmüştür. Yapraklardaki Fe iyonu birikimi kontrol grubuna kıyasla Ca 5+Tuz uygulamasında azalırken, diğer tüm uygulamalarda ise arttığı görülmüştür. Genel olarak Fe iyonu miktarı kök kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.13. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Fe birikimleri.

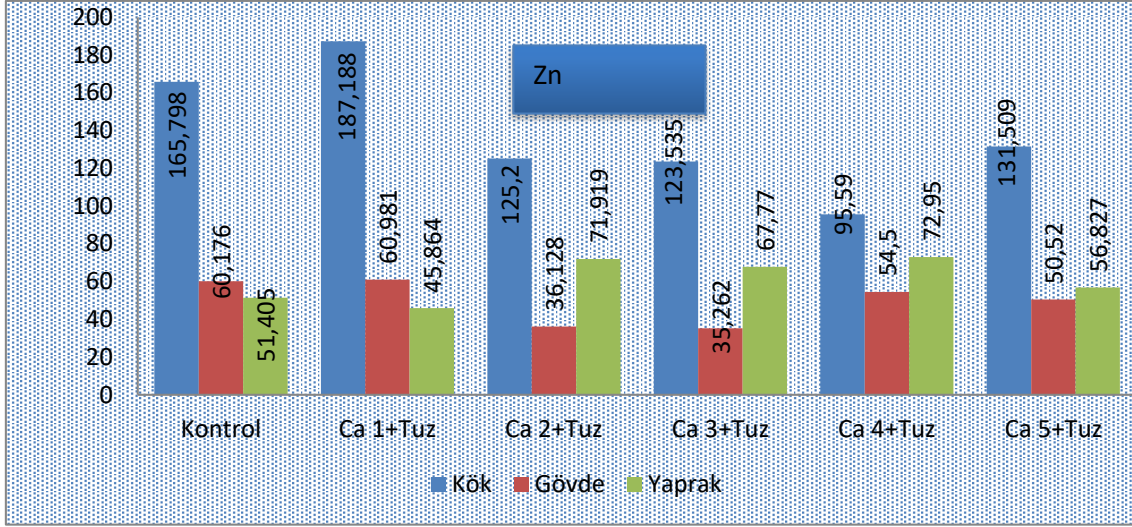
20 günlük 75 mMNaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Zn iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn elementi iyonu birikimleri (μ g/ mg T.A.)

UYGULAMA	Kök Zn	Gövde Zn	Yaprak Zn	P Değeri
Kontrol	165.798 B a	60.176 A b	51.405 BC b	0.0001*
Ca 1+Tuz	187.188 A a	60.981 A b	45.864 C c	0.0000*
Ca 2+Tuz	125.2 C a	36.128 B c	71.919 A b	0.0000*
Ca 3+Tuz	123.535 C a	35.262 B c	67.770 A b	0.0000*
Ca 4+Tuz	95.590 D a	54.500 A b	72.950 A ab	0.0148*
Ca 5+Tuz	131.509 C a	50.52 AB b	56.827 B b	0.0000*
P Değeri	0.0000*	0.0107*	0.0001*	

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.

Organlar arasında farklılıklar görülmüştür. Kökteki Zn iyonu incelendiğinde kontrol (165.798) grubuna kıyasla Zn iyonu bakımından en düşük değer Ca 4+Tuz (95.590) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 1+Tuz (187.188) uygulamasında görülmüştür. Kök ve gövdede Zn iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla Ca 1+Tuz uygulamasında arttığı görülürken, diğer tüm uygulamalarda ise azaldığı görülmüştür. Gövdedeki Zn iyonu incelendiğinde kontrol (60.176) grubuna kıyasla Zn iyonu bakımından en düşük değer Ca 3+Tuz (35.262) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 1+Tuz (60.981) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Zn iyonu incelendiğinde kontrol (51.405) grubuna kıyasla Zn iyonu bakımından en düşük değer Ca 1+Tuz (45.864) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 4+Tuz (72.950) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Zn iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla Ca 1+Tuz uygulamasında azalırken, diğer tüm uygulamalarda ise arttığı görülmüştür. Genel olarak Zn iyonu miktarı kök kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Zn birikimleri.

20 günlük 75 mM NaCl stresi uygulaması sonunda kök, gövde ve yapraklardaki Mn iyonu miktarı bakımından elde edilen değerler Çizelge 4.13’de verilmiştir.

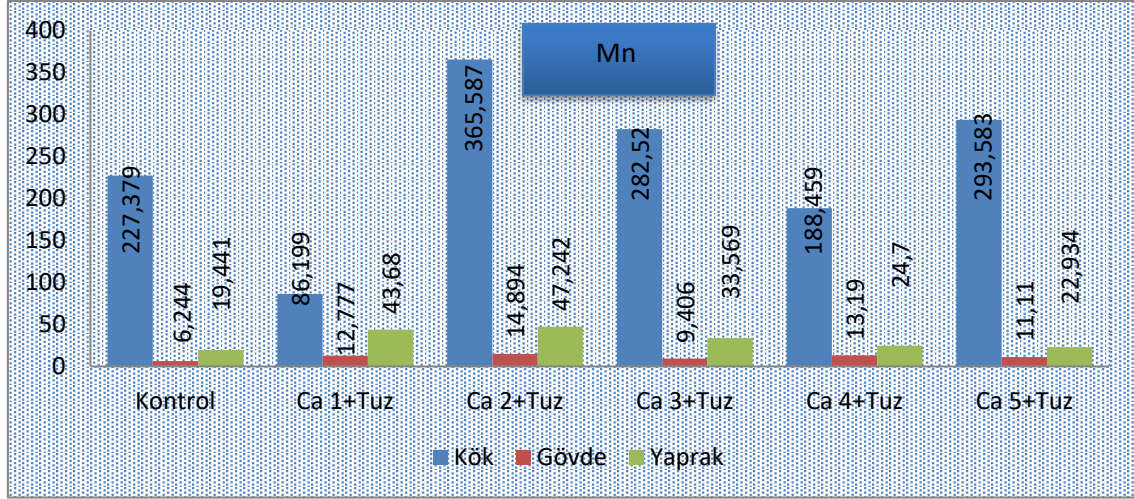
Çizelge 4.14. Uygulamalar sonrasında alınan bitkilerin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn elementi iyonu birikimleri (µ g/ mg T.A.)

UYGULAMA	Kök Mn	Gövde Mn	Yaprak Mn	P Değeri
Kontrol	227.379 C a	6.244 D c	19.441 C b	0.0000*
Ca 1+ Tuz	86.199 D a	12.777 AB c	43.680 A b	0.0001*
Ca 2+Tuz	365.587 A a	14.894 A b	47.242 A b	0.0000*
Ca 3+Tuz	282.52 B a	9.406 C c	33.569 B b	0.0000*
Ca 4+Tuz	188.459 C a	13.190 AB b	24.700 C b	0.0000*
Ca 5+Tuz	293.583 B b	11.11 BC a	22.934 C a	0.0000*
P Değeri	0.0000*	0.0001*	0.0000*	

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.

Organlar arasında farklılıklar görülmüştür. Kökteki Mn iyonu incelendiğinde kontrol (227.379) grubuna kıyasla Mn iyonu bakımından en düşük değer Ca 1+Tuz (86.199) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 2+Tuz (365.587) uygulamasında görülmüştür. Gövdedeki Mn iyonu incelendiğinde kontrol (6.244) grubuna kıyasla Mn iyonu bakımından en düşük değer Ca 3+Tuz (9.406) uygulamasından elde edilirken, en yüksek değer ise Ca 2+Tuz (14.894) uygulamasında görülmüştür. Yapraktaki Mn iyonu incelendiğinde kontrol (19.441) grubuna kıyasla Mn iyonu bakımından en düşük değer Ca 5+Tuz (22.934) uygulamasından elde edilirken, en

yüksek değer ise Ca 2+Tuz (47.242) uygulamasında görülmüştür. Kök, gövde ve yaprakta yapılan tüm uygulamalarda en iyi sonuç Ca 2+Tuz uygulamasında görülmüştür. Yaprak ve gövdedeki Mn iyonunun birikimi kontrol grubuna kıyasla tüm uygulamalarda arttığı görülmüştür. Genel olarak Mn iyonu miktarı kök kısmında daha fazla biriktiği belirlenmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.15. Bitkilerden kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenen Mn birikimleri.

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

20. gün sonunda bitkilerin yapraklarında belirlenen lipid peroksidasyonu ve klorofil miktarları Çizelge 4.14'te verilmiştir.

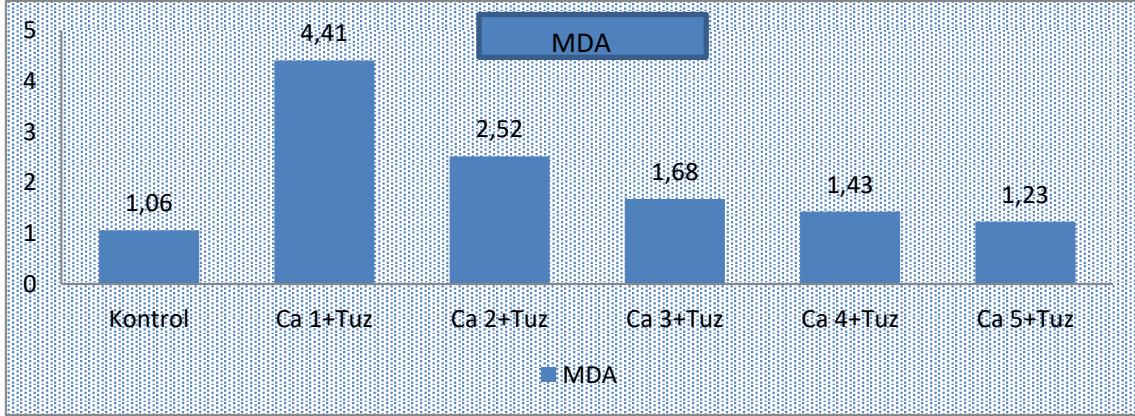
Çizelge 4.15. Uygulamalardan alınan yaprakların MDA ve Klorofil içerikleri (µ mol/g T.A.)

UYGULAMA	MDA	Klorofil
Kontrol	1.06 C	8.66 B
Ca 1+Tuz	4.41 A	6.59 C
Ca 2+Tuz	2.52 B	12.08 A
Ca 3+Tuz	1.68 C	12.51 A
Ca 4+Tuz	1.43 C	10.88 A
Ca 5+Tuz	1.23 C	11.20 A
P Değeri	0.0000*	0.0000*

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

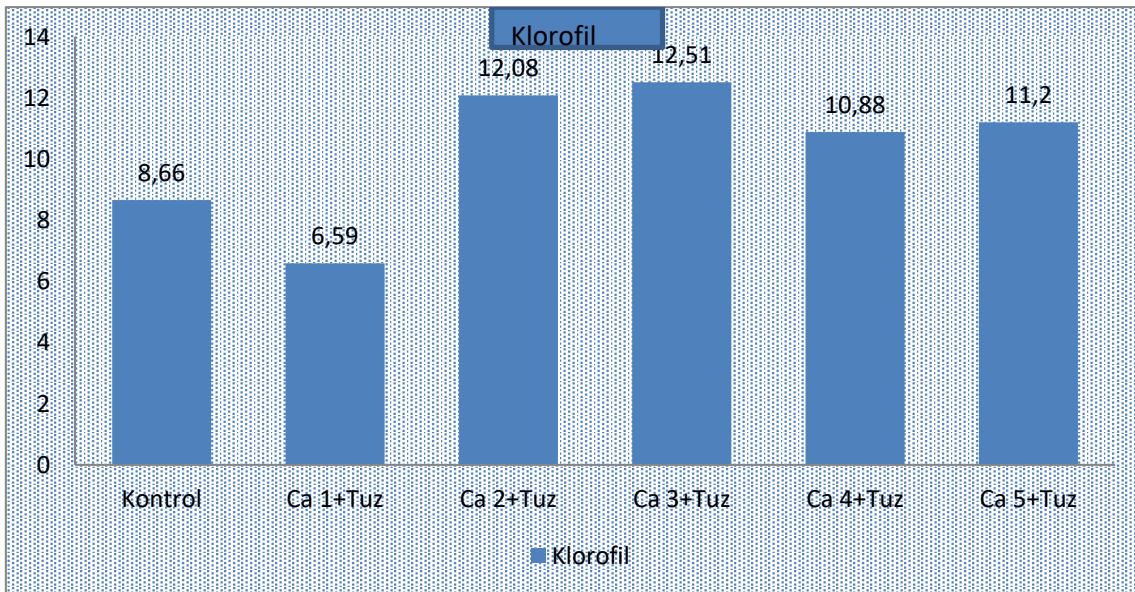
Tuz stresi kaynaklı oksidatif zararın belirtisi olan hücre zarındaki zarar ya da lipid peroksidasyonun yan ürünü olan MDA miktarları incelendiğinde kontrole göre tuz

uygulamalarının hepsinde artışların olduğu belirlenmiştir. Bu artışlar tuz ile birlikte verilen kalsiyum dozu arttıkça azalmalar şeklinde Ca 3+ Tuz, Ca 4+Tuz ve Ca 5+Tuz uygulamaları diğer uygulamalara göre azalarak kontrolle aynı değer aralığında yer almıştır. MDA miktarları esas alınarak tuzun olumsuz etkisinden en fazla etkilenen uygulamanın Ca 1+Tuz olduğu görülmektedir.



Şekil 4.16. Uygulamaların MDA miktarı üzerine etkisi.

Klorofil miktarları incelendiğinde kontrol grubuna göre artış ve düşüşlerin olduğu dikkati çekmektedir. Klorofil miktar değeri en yüksek olan uygulama istatikselsel olarak aynı grupta yer alan sırasıyla Ca 3+tuz, Ca 2+Tuz, Ca 5+Tuz, Ca 4+Tuz uygulamalarında yer almıştır. Kontrole grubuna kıyasla en düşük değer Ca 1+tuz uygulamasında ölçülmüştür (Şekil 4.15; Şekil 4.16).



Şekil 4.17. Uygulamaların klorofil miktarı üzerine etkisi.

4.1.4. Antioksidant enzim aktiviteleri

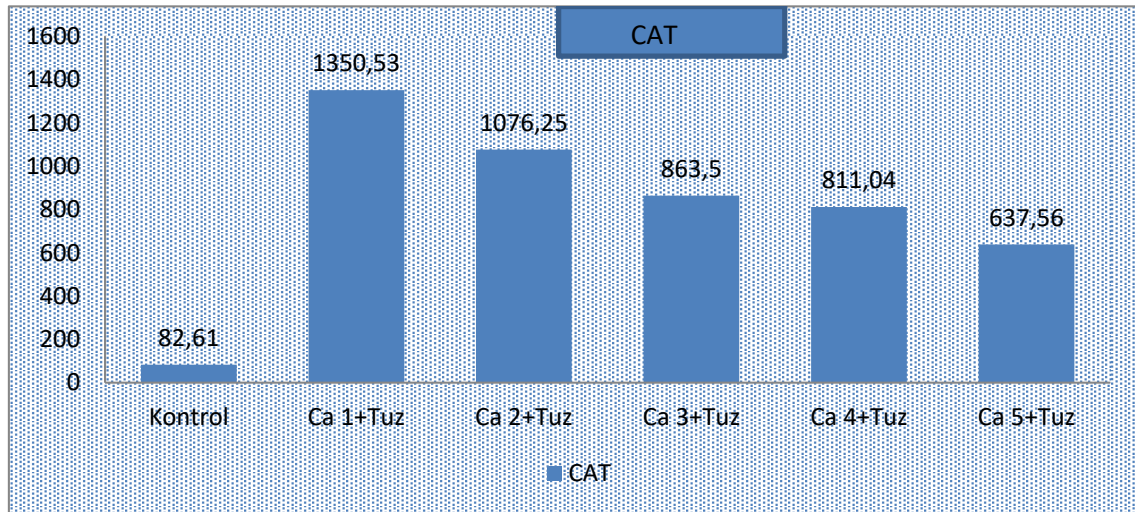
Tuz uygulaması ile birlikte farklı dozlarda Ca⁺ uygulanan biber bitkilerinde katalaz, askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin aktivitelerine bakılmış ve elde edilen veriler Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.16. Her bir uygulamalardan alınan bitkilerin yaprağındaki Katalaz (CAT), Askorbat peroksidaz (APX), Süperoksit dismutaz enzim aktiviteleri (SOD) (mol/min/mg T.A.)

UYGULAMA	CAT	APX	SOD
Kontrol	82,61 E	23.5 E	45.33 F
Ca 1+ Tuz	1350.53 A	56.45 A	119.0 A
Ca 2+Tuz	1076.25 B	39.89 B	94.66 B
Ca 3+Tuz	863.50 C	30.59 C	87.33 C
Ca 4+Tuz	811.04 C	27.62 D	71.33 D
Ca 5+Tuz	637.56 D	26.89 D	58.33 E
P Değeri	0.0000*	0.0000*	0.0000*

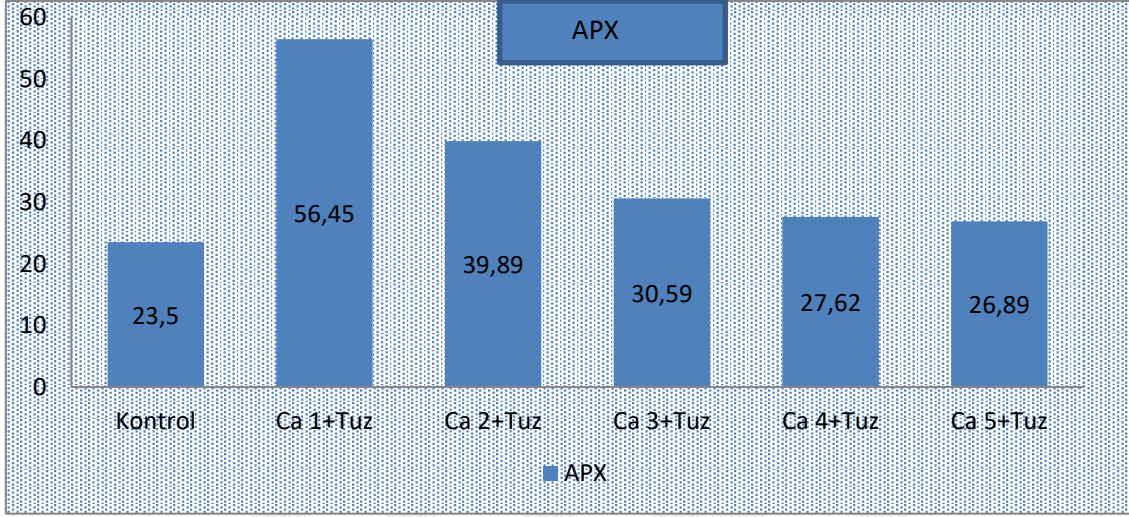
Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark $p \leq 0.05$ 'e göre önemsizdir.

Uygulaması sonrası 20. günde tuz uygulanan bitkilerin katalaz enzimi aktivitesinde kontrol bitkilerine göre önemli değişimler saptanmıştır. Kontrol grubuna kıyasla tüm uygulamalarda katalaz enzimi aktivitesi artış göstermiştir. En yüksek CAT değeri Ca 1+Tuz uygulamasında ölçülürken en düşük değer ise Ca 5+Tuz uygulamasında ölçülmüştür. Kalsiyum dozu arttıkça CAT aktivitesinin azaldığı görülmüştür (Şekil 4.17).



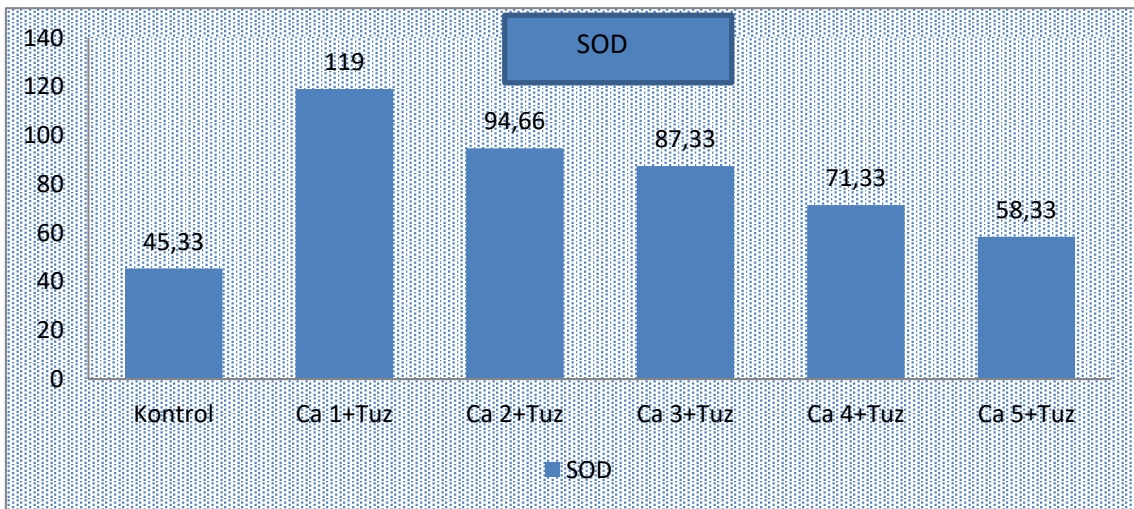
Şekil 4.18. Uygulamaların CAT enzimi üzerine etkisi.

Askorbat peroksidaz enzimi aktivitesi bakımından uygulamalar incelendiğinde kontrole göre tuz uygulamalarının tümünde yükselişlerin olduğu görülmektedir. Kontrol grubuna kıyasla en yüksek APX aktivite değeri Ca 1+ Tuz uygulamasında ölçülürken, en düşük değer ise Ca 5+Tuz uygulamasında ölçülmüştür. Kalsiyum dozu artıkça APX aktivitesinin azaldığı görülmüştür (Şekil 4.18).



Şekil 4.19. Uygulamaların APX enzimi üzerine etkisi.

Süperoksit dismutaz enzimi incelendiğinde kontrole göre tuz uygulamalarının tümünde yükselişlerin olduğu görülmektedir. Süperoksit dismutaz enzimi en yüksek değer Ca 1+Tuz uygulamasında ölçülürken, en düşük değer ise Ca 5+Tuz uygulamasında ölçülmüştür. Kalsiyum dozu artıkça SOD aktivitesinin azaldığı görülmüştür (Şekil 4.19).



Şekil 4.20. Uygulamaların SOD enzimi üzerine etkisi.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tuz stresi altında bulunan Demre biber bitkisine kalsiyumun (Ca^{+2}) morfolojik ve biyokimyasal etkileri araştırılan çalışmada, tuz uygulaması ile birlikte demre biber bitkisine farklı dozlarda kalsiyum uygulanarak, tuza olan toleransı etkileyip etkilemediği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda alınan örneklerde, bitki büyüme parametrelerinden kök, gövde ve yaprak ağırlığı ve bitki boyu ile birlikte stresten etkilenme durumunu belirten skala değerleri, MDA, klorofil, iyon ve antioksidatif enzim aktivitelerine bakılmıştır.

75 mM NaCl tuz uygulanmış biber bitkilerine farklı dozlarda Ca elementi içeren besin solüsyonu verilmiştir. Stres uygulamasının 20. gününde biber bitkileri kök, gövde ve yaprak ağırlığı, bitki boyu, yaprak sayısı ve toplam bitki ağırlığı gibi bakılan büyüme parametreleri Ca uygulamalarının 1. ve 2. dozlarında kontrole göre en fazla azalış gösteren uygulamalar olmuştur. Ancak doz arttıkça değerler kontrole yaklaşmış fakat, kalsiyumun 5. dozunda tekrar düşmeye başlamıştır. Yaşar (2003) ve Yaşar ve ark. (2006, 2007, 2008, 2013, 2016) farklı türler ile yapmış oldukları tuzluluk stres çalışmalarında bitki büyüme parametrelerinde benzer sonuçların olduğunu belirterek, özellikle toplam bitki ağırlıklarının tuz stresine karşı tepkiyi belirlemede önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek konsantrasyonda tuz uygulanan bitkilerde kalsiyum alımını ve taşınımını azaltmakta, dolayısıyla kalsiyum yetersizliğine ve bitkide iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Cramer ve ark., 1986; Huang ve Redmann, 1995). Bu sebepten dolayı bitkide kalsiyum eksikliği meydana gelir ve bitki yapraklarında şekil bozukluğu, hareket kabiliyeti azlığı, yaprak alanının küçük kalması, yeni gelişen yaprakların çirkin şekillerde kıvrık olmaları, normal gelişimlerini sürdürememeleri gibi belirtiler meydana gelmektedir (Anonim, 2018b). Kalsiyum, tuz stresinde bitki açısından olumlu etkiye sahip bir element olmasından dolayı, yüksek dozda dışsal kalsiyum uygulaması, hücre zarının Na^{+} iyonuna karşı geçirgenliğini azaltarak, sodyumun pasif alımla hücre içinde ve bitkide birikmesini önlediğinden ve iyon dengesini sağladığından (Hoffman ve ark., 1989; Whittington ve Smith, 1992), dolayısıyla, kalsiyumun tuz stresine karşı bitkileri koruduğunu ve bu sebeptendir ki bitkilerin tuz stresinden daha az etkilendiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızdan elde

ettiğimiz sonuçlar göstermiştir ki, tuzlu ortamlarda bitkilerin iyon dengesindeki bozulmadan dolayı, bitkilerin solunumundaki yavaşlamalara bağlı olarak, büyüme ve gelişmeleri azalmaktadır. Solunum sisteminde bozulmaların olması, tüm metabolik sistemi etkileyerek özellikle bitkinin fotosentez sisteminde yavaşlama ve dolayısıyla asimilat oluşumunda azalma meydana gelerek bitki büyüme ve gelişmesinde azalma meydana gelmektedir (Çakırlar ve Topçuoğlu, 1985; Yasar 2003; Yasar, 2007).

Çalışmamızda, incelediğimiz tüm büyüme ve biyokimyasal parametrelerin kontrolünü sağlamak bakımından morfolojik bir gözlem olan skala değerlendirmesinde tuz uygulanarak yaptığımız çalışmada bitkilerde ortaya çıkan zararlanma derecelerine göre en fazla zarar gören bitkiler kalsiyumun 1. dozunda görülmüştür. Sırasıyla 2. 3. ve 5. dozlarında görülmüştür. En az zarar ise 4. dozda olmuştur. Bitkilerin tuzdan zararlanma derecelerine göre oluşturulan skala ile değerlendirilmesi, tuz zararının morfolojik belirtileri ve bunların derecelendirilmesi olarak gösterilmiş ve incelenen diğer parametrelerle karşılaştırması yapılarak çalışmada yapılan biyokimyasal analizlerin doğruluğu test edilmiştir. Aktaş (2002) biberde, Yaşar (2003) patlıcanda, Öztaş (2018) biberde yapmış oldukları çalışmalarda oluşturdukları skaladan yararlanmışlardır. Bu araştırmacıların her ikisinde skala değerinin toplam bitki ağırlıkları ve özellikle Ca/Na ve K/Na iyonlarının oranlarıyla çok yüksek korelatif ilişki içinde olduğunu belirtmişlerdir.

Tuz stresi altında yetiştirilen biber bitkilerinin büyümelerinde meydana gelen azalma ve zararlanmaların en önemli sebeplerinden biri, kökler vasıtasıyla ortamdaki Na miktarının gereğinden fazla ve toksik düzeyde biriktirdikleri Na miktarıdır. Özellikle düşük dozlu Ca uygulamalarında biber bitkileri gövdelerinde daha yüksek Na biriktirmişlerdir. Na birikimi bakımından bitkilerin organları incelendiğinde ve skala ile karşılaştırıldığında en dikkat çeken durum, Na'nın her üç organ arasında dengeli dağılması ve alımının azalması olmuştur. İyon alımının azaldığı ve dengeli dağılımın olduğu 4. Uygulamada bitki gelişimi ve sıklıkla daha iyi olduğu görülmektedir. Tuza karşı toleransı yüksek olan bitkilerde görülen en önemli özelliklerden biri ise iyon regülasyonudur. Bizim yaptığımız çalışmada elde edilen sonuçlar göstermiş ki uygun Ca dozu iyon alım ve dağılımını iyi ayarlamıştır. NaCl tuz konsantrasyonunun yüksek olduğu ortamlardaki bitkiler, aşırı miktarda Na iyonu almaktadırlar. Sodyum iyonuna, iyonik çapları ve elektriksel yükleri nedeniyle çok büyük benzerlik gösteren Ca ve K

iyonunun alımı engellenmektedir. Buna karşın, uygun Ca uygulaması yapıldığı takdirde, tuz koşullarında düşük Na ve Cl iyonlarının alımı sırasında daha yüksek oranlarda K ve Ca alınımının artması toleransın anahtar mekanizmalarını oluşturmaktadır. Tuz stresine toleransı daha iyi olan bitkilerin dokuları, genel olarak daha yüksek Ca/Na ve K/Na oranını oluşturma kabiliyetine sahiptirler. Bu da gösteriyor ki tuzlu ortama uygun oranda Ca uygulanırsa bitkiler tuz stresinin olumsuz etkilerinden korunabilirler. Bitkilerde tuz stresine toleransını belirlemek için yapılan birçok çalışma (patlıcan, fasulye, kavun, domates ve biber), farklı bitki organlarında K/Na ve Ca/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).

Çalışmamızda en dikkat çeken sonuçlardan birisi de, Ca iyonu dozu arttıkça biber bitkilerinin kök gövde ve yapraklarındaki K iyonu miktarında artışların olduğu ve aynı zamanda köklerden yukarı yapraklara doğru çıktıkça bir artışın olduğu görülmüştür. Özellikle yaprak organlarında Ca'nın 3. dozunda kontrole göre K birikiminde ciddi bir artışın olduğu görülmüştür. Tuz stresinin toksik etkisinin en önemli faktörü olan Na iyonu, bitki dokularındaki alınımının ve taşınımının ayarlanması ve eliminasyonu büyük önem taşımaktadır. Na iyonunun alınımı ve taşınımının engellenerek bitkinin Na'un toksik etkisinden korunmasının pek çok metabolik sebebinin Kemmler ve Kraus, (1971) açıklamışlardır.

Tuz stresinin en büyük etkisi birçok kültür bitkisinde büyüme ve gelişmenin azalmasıdır. Bitki gelişiminde tuzluluğun zararlı etkileri, toprak çözeltisinin ozmotik potansiyeli, beslenme dengesizliği, özel iyon etkisi ve bu faktörlerin kombinasyonu ile ilişkilidir. Ozmotik stres, sodyum iyonlarının direk bir etkisi olmaksızın su eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Munns, 2002). Beslenme dengesizliği ise aşırı miktarda Na ve Cl birikiminden kaynaklanmakta ve K, Ca, Mn, NO₃ gibi besin elementlerinin alınımının azalmasına neden olmaktadır (Hasegawa ve ark., 2000; Viegas ve ark., 2001). Tuzun yüksek olduğu toprak koşullarında yetiştirilen bitkilerde, köklerle yüksek oranda Na iyonu alınmakta ve bu iyonun bitki organlarına taşınmasıyla bitki bünyesindeki miktarı yükselmektedir. K ve Ca alınımındaki ve taşınımındaki azalma ile bitki organlarındaki oranları düşmektedir. Ca ve K iyonları fizyolojik olaylarda anahtar rol oynarken, Na iyonunun besin elementi olarak etkisi yoktur. Ayrıca Na

iyonunun K ve Ca iyonlarına karşı artış göstermesi iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Al-Karaki, 2000).

Tuz stresi ortamında yetiştirilen biber bitkilerine verilen besin solüsyonunun farklı dozlardaki Ca uygulaması, bitkilerin doğal olarak Ca alımında farklılıkların olduğunu ortaya koymuştur. Ancak buradaki asıl amaç, Ca'nın hangi dozunun tuz stres etkisini azalttığını ve Ca alınımında iyon dengesini hangi dozun sağlayacağını belirlemektir. Yaptığımız çalışmada da farklı dozlarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Her üç organda da dozlar arttıkça sistematik bir artış olmamış, özellikle Ca'nın 4. dozunda alımda azalma olduğu görülmüştür. 4. dozda bitki gelişimi, skala ve diğer parametreler en uygun dozun olduğu görüldüğünden, Ca'nın bu dozunda kalsiyum alımında azalma görülmüş olmasına rağmen en uygun dozun bu doz olduğunu söyleyebiliriz. Çünkü diğer parametreler de bunu desteklemektedir. Kalsiyum, gövde de daha az birikirken, kök ve yapraklarda daha yüksek oranda birikmiştir. Köklerden kalsiyum alınımı sürecinde Ca/Na oranı oldukça önem arz etmektedir. Besin ortamındaki yüksek miktarlarda sodyumun varlığı, kalsiyum alınımını azaltmaktadır. Böyle tuzlu şartlarda bitkilere dışarıdan ekstra Ca verilmesi durumunda, kök tüylerindeki plazmalemmalardaki sodyumun yerine kalsiyumun geçmesi sözkonusu olabilmekte ve Na alınımında azalmaların olabileceği ve bu sebepten de stresi azaltıcı etkisinin olabileceği belirtilmiştir (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 miktarlarında düşüşlerin olduğunu bildirmişlerdir. Tolerant olanlarda ise Na ve Cl alımlarında azalma olurken, K ve Ca alımlarında artışın olduğu görülmüştür. Bitkilerde tuz stresine toleranslığa K ve Ca alımlarının çok önemli etkilerinin olduğunu Yaşar ve ark., (2006a; 2013), Üzal, (2009), Üzal ve Yıldız, (2014)'in farklı bitki türleri ile yaptıkları çalışmalarla ortaya koymuşlardır.

Biber bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki Cl birikimlerinde kalsiyum dozlarına göre farklılıkların olduğu görülmüş, tüm organlarda kontrole göre artış göstermiştir. Burada Ca dozlarının artışına bağlı olarak sistematik bir düşüş yada artışın olduğunu göremiyoruz. Ancak daha önemli bir sonuçla karşılaşılıyor oda şudur, Ca'nın 4. dozu yine en uygun doz olduğunu Cl alınımında da kendini göstermiştir. Hem Cl alınımında hem de dağılımında 4. doz oldukça önemli pozitif etki yapmıştır. Cl alınımı

bakımından kontrole en yakın değer Ca'nın 4. dozunda yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir. Tuz stresi altındaki bitkilerde Cl birikiminin arttığını, ancak toleranslı olanlarda artışın daha az olduğunu Yaşar, (2003); Zeng ve ark., (2003); Aktaş ve ark., (2006); Kuşvuran ve ark., (2007) ve Üzal, (2009) değişik türlerde yapmış oldukları çalışmalarda belirtmişlerdir. Bu çalışmalardan yaptığımız çıkarım ve bizim çalışmalarımızdan elde ettiğimiz sonuçlarda göstermiştir ki, Ca'nın 4. dozu Cl alımını azaltmış ve dolayısıyla bitkilerde tuz stresine karşı bir tolerantlık sağlamıştır.

Tuz stresi uygulanmış biber bitkilerine besin ortamında farklı dozlarda kalsiyum uygulandığında bitkilerin kök gövde ve yapraklarındaki mikro elementlerden Mg, Mn, Fe, Zn ve Cu elementlerine bakılmıştır. Biber bitkilerine tuz ile birlikte uygulanan farklı Ca dozlarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki Cu birikimleri farklı bulunmuştur. Ağır metal olması nedeniyle de kökteki birikimi fazla olmuştur. Mikro element birikiminde Ca'nın üçüncü dozunda yine farklılık olduğu kendini göstermiştir. Özellikle Mg alımında yapraklarda daha fazla biriktiği görülmüş, ancak diğer mikro elementlerde diğer dozlarla karşılaştırıldığında orta düzeyde bir birikim olduğu görülmüştür. Fakat genelde mikro elementlerin alımı doz artışına göre kontrole göre artışların olduğu görülmüştür. İşte bitkileri strese karşı korumanın en önemli faktörlerinin başında gelen mikro besin elementlerinin dengeli alımının sağlanması, yani iyon dengesinin sağlanmasıdır. Özellikle mikro besin elementleri fotosentez sisteminde ve enzim sisteminde önemli olduğundan bitkilerin hem savunma sistemleri daha iyi çalışmıştır, hem de büyüme ve gelişme daha iyi olmuştur. Tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde mikro (Fe, Zn, Mn, ve Cu) 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 ya da azalır (Page ve ark., 1990). Tuz stresine tepki olarak bazı bitkilerde Fe, Zn, Cu, Mn ve Mg gibi mikro besin maddelerinin alınımında artışların olduğunu bazı araştırmacılar belirtmişlerdir (Alam, 1999; Moreno ve ark, 2000). Mikro besin elementlerinin tuz stresi altındaki alınımında yukarıda bahsettiğimiz araştırmacıların belirttiği şekilde tuza tepki olması için alımlarda kontrole göre artışlar olmuştur.

Tuz stresi altında yetişen bitkiler de toksik iyon birikimi olmasından kaynaklı, hücre zarlarındaki bütünlüğün bozulması sonucu stomaların kapanması ve bu esnada

bitkinin bulunduğu ortamda normal sıcaklık ve ışıklandırmasının da devam etmesi durumunda fotosentez sisteminde bir dengesizlik oluşacaktır. Fotosentezin karbon reaksiyonlarında stomaların kapanmasından dolayı aksamaların olmasıyla, fotosentetik elektronların ortamda serbest halde bulunan oksijenlere yüklenmesi sonucunda, 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; Üzal, 2017).

Stres altındaki bitkilerin stomalarını kapattıktan sonra oluşan radikal oksijen türevleri 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 çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlardan da görüldüğü gibi, tuz uygulanan bitkilerin MDA miktarları kontrole göre artmış, ancak Ca dozları arttıkça azalmaların olduğu, hatta yüksek dozlarda kontrole aynı seviyede olduğu görülmüştür. Klorofil birikimlerinde de benzer durumlar görülmüştür. Ca dozları arttıkça bitkilerin yapraklarındaki klorofil miktarlarında kontrole göre arttığı görülmüştür. Bitkinin tuzdan etkilenme düzeyi ile yapraklarda ölçülen MDA miktarı arasında ilişki bulunduğu görülmüş, MDA miktarındaki artış, Ca dozunun azalışı ile MDA miktarındaki düşüş Ca dozundaki artışla doğru orantılı çıkmıştır. Bizim çalışmamızda da görüldüğü gibi Ca'nın 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 biber bitkilerinin besin ortamlarına farklı dozlarda kalsiyum uygulanarak yetiştirilen bitkilerin yapraklarındaki CAT, APX ve SOD enzim aktiviteleri incelenmiş, her üçünde de uygulamalar arasında istatistiki olarak farklılıkların olduğu görülmüştür. Her üç enzim aktivitesi kontrole göre tuz stresinde artış olmuş, ancak Ca dozları arttıkça enzim aktiviteleri düşmeye başlamış ve doz artışına göre kontrole yaklaşmıştır. Diğer incelenen parametrelerden de anlaşılacağı gibi Ca dozu arttıkça bitkinin iyon dengesi sağlanmış ve bitkinin strese girmesini engellemiştir. Bu durumda bitkilerin enzim aktivitelerini yükseltme gereği duymadıklarını göstermiştir. 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, kalsiyumun bitkileri tuzun toksik etkisinden koruduğunu ve bitkiler strese girmediklerinden yada çok az girdiklerinden dolayı antioksidant enzimlerin aktivitelerinde düşüşlerin olduğunu söyleyebiliriz.

Sonuç olarak, Ca metabolik aktiviteyi kontrol altında tutabilmek için bitki büyümesini sınırlandırarak bitkiyi kontrol edebilecek seviyede tutmuştur. Tuz stresi etkisinde büyüme ve gelişme, fotosentez, protein sentezi, enerji ve lipid metabolizması etkilenir. Esas anlamda tuz stresine ilk cevap yaprak yüzey alanının büyümesinde azalma şeklinde kendini gösterir (Üzal, 2009). Hücre büyümesi için gerekli olan karbonhidratlar fotosentez esnasında sağlanır. Fotosentez metabolizması bitki tuz stresi (özellikle NaCl stresi) altında iken genelde olumsuz olarak etkilenmektedir. Bitkiler tuz stresinin üstesinden gelmek için değişik moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirmiştir. Bu mekanizmalar kabul etmeme, kökler tarafından iyon alınımının kontrolü ve yapraklara taşınması, hücresel ve tüm bitki düzeyinde iyonların belli bölgelerde tutulması, uyumlu bileşiklerin sentezi, fotosentetik yolda değişme, membran

yapısında değişme, antioksidan enzimlerin indüklenmesini ve bitki hormonlarının indüksiyonunu içerir (Bohnert, 1998; Sharma, 1990; Yaşar, 2003; Parida ve Das, 2005).



KAYNAKLAR

- Aktaş, H. 2002. *Biberde Tuza Dayanıklılığın Fizyolojik Karakterizasyonu ve Kaltımı* (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana: 105s.
- Aktaş, H., Abak, K., Cakmak, I., 2006. Genotypic variation in the response of pepper to salinity. *Scientia Horticulturae*, **110**(3): 260-266.
- Aktaş, M., Ateş, M. 2005. *Bitkilerde Beslenme Bozuklukları: Nedenleri ve Tanınmaları*. Engin yayınevi.
- Alam, S.M., 1999. *Nutrient Uptake by Plants Under Stress Conditions*. Handbook of Plant and Crop Stress, 2: 285-313.
- Alfocea, F. P., Estan, M. T., Caro, M., Bolarin, M. C. 1993. Response of tomato cultivars to salinity. *Plant and Soil*, **150**(2): 203-211.
- Alian, A., Altman, A., Heuer, B. 2000. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. *Plant Science*, **152**(1): 59-65.
- Al-Karaki, G. N., 2000. Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, **23**(1): 1-8.
- Andrews, J., 1999. *Pepper Trail: History and Recipes From Around The World*: (P. 261). Denton: University of North Texas Press.
- Anonim, 2018. <File:///C:/Users/Hp/Downloads/Biber%20tohumu.Html>. **Erişim Tarihi: 15.05.2019**
- Anonim, 2019. www.Tuik.Gov.Tr/Prelstatistiktablo.Do?İstab İd:1445. **Erişim Tarihi: 15.05.2019**
- Ashraf, M., 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, **199**(5): 361-376.
- Ashraf, M., Khanum, A., 2000. Transport and accumulation of ions in two spring wheat lines differing in salt tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum*, **22**(2): 103-110.
- Ashraf, M. Y., Wu, L., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **13**(1): 17-42.
- Apse, M. P., Aharon, G. S., Snedden, W. A., Blumwald. E., 1999. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na⁺/ H⁺ antiport in arabidopsis. *Science* **285**: 1256-1258.
- Awang, Y. B., Atherton, J. G., Taylor, A. J., 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. *Journal of Horticultural Science*, **68**(5): 783-790.
- Bağcı, M., 1965. *Türkiye’de Yetiştirilen Yerli ve Yabancı Biber Çeşitlerinin Morfolojik ve Pomolojik Özellikleri ile Çiçek Biyolojileri Üzerinde Mukayeseli Araştırmalar* (doktora tezi, basılmamış). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bañuls, J., Primo-Millo, E., 1992. Effects of chloride and sodium on gas exchange parameters and water relations of Citrus Plants. *Physiologia Plantarum*, **86**(1): 115-123.
- Bayraktar, K., 1970. *Sebze yetiştirme*. EÜ ZF Yayınları, 2(169): 347.

- Bergmann, W., 1992. *Nutritional Disorders of Plants: Visual and Analytical Diagnosis* (English, French, Spanish).
- Bernstein, N. A., 1967. *The Co-Ordination and Regulation of Movements*.
- Bohnert, H. J., Sheveleva, E., 1998. Plant stress adaptations making metabolism move. *Current Opinion in Plant Biology*, **1**(3): 267-274.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ. İ., Savaşçı, S., Paslı, N., 2001. *Ekoloji-II*, Toprak. Başkent Klişe Matbaacılık, Ankara.
- Caines, A. M., Shennan, C., 1999. Interactive effects of Ca²⁺ and nacl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca²⁺ use efficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, **37**(7-8): 569-576.
- Caterina, M. J., Julius, D., 2001. The vanilloid receptor: a molecular gateway to the pain pathway. *Annual Review of Neuroscience*, **24**(1): 487-517.
- Chartzoulakis, K., Klapaki, G., 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, **86**(3): 247-260.
- Contreras-Padilla, M., Yahia, E. M., 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**(6): 2075-2079.
- Conway, W. S., Sams, C. E., Watada, A. E., 1995. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. *Postharvest Physiology of Fruits* **398**: 31-40.
- Cramer, G. R., Läuchli, A. Epstein, E., 1986. Effects of NaCl and CaCl₂ on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiology*, **81**(3): 792-797.
- Çakırlar, H., Topçuoğlu, Ş. F., 1985. Stres terminolojisi. *Çölleşen Dünya ve Türkiye Örneği Sempozyum*, **7**: 13-17.
- Cakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and highlight intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, **98**(4): 1222-1227.
- Cakmak, I., 1994. Activity of ascorbate-dependent H₂O₂ scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium and potassium deficient leaves, but not in phosphorus deficient leaves. *Journal of Experimental Botany*, **45**(9): 1259-1266.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **11**(2): 11-34.
- Dağüstü, N., 2003. Ekmeklik buğday (*Triticum Aestivum* L.) çeşitlerinin fide döneminde in vivo koşullarda NaCl stresine dayanma performanslarının belirlenmesi. *Türkiye*, **5**: 13-17.
- 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.
- Daşgan, H. Y., Aktas, H., Abak, K., Cakmak, I., 2002. Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses. *Plant Science*, **163**(4): 695-703.
- Davenport, R. J., Reid, R. J., Smith, F. A., 1997. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. *Physiologia Plantarum*, **99**(2): 323-327.

- de Mejía, E. G., Quintanar-Hernández, J. A., Loarca-Piña, G., 1998. Antimutagenic activity of carotenoids in green peppers against some nitroarenes. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, **416**(1-2): 11-19.
- Demir, İ., Demir, K., 1992. Farklı tuz konsantrasyonlarının beş değişik fasulye çeşidinde çimlenme, çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Sebze Tarımı Sempozyumu*: 335-342.
- Dillengen, B. J., 1956. Handbuch des gesamten gemüsebaues. Paul Parey in Berlin Und Hamburg.
- Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A., Wrona, A. F., 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. *Science*, **210**(4468): 399-404.
- Ergene, A., 1982. *Toprak bilgisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 267.
- Ertekin, F., 2010. *Kabakta (Cucurbita Spp.) Yeşil Aksam ve Kök Bölgesindeki İyon Dağılımının Tuz Stresine Toleransın Belirlenmesinde Kullanım Olanakları Üzerinde Bir Araştırma*. (yüksek lisans tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara: 109s.
- Essa, T. A., 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **188**(2): 86-93.
- Fageria, N. K., 1983. Ionic interactions in rice plants from dilute solutions. *Plant and Soil*, **70**(3): 309-316.
- Flowers, T. J., Yeo, A. R., 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next?. *Functional Plant Biology*, **22**(6): 875-884.
- Foolad, M. R., 1999. Genetics of salt and cold tolerance in tomato. *Plant Biotechnology*, **16**(1): 55-64.
- Franco, J. A., Esteban, C., Rodriguez, C., 1993. Effects of salinity on various growth stages of muskmelon cv. revigal. *Journal of Horticultural Science*, **68**(6): 899-904.
- Francois, L. E., Maas, E.V., 1994. Crop response and management on salt-affected soils. *Handbook of Plant and Crop Stress*: 169.
- Gardiner, D. T., Miller, R. W., 2008. *Soils in Our Environment*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson/Prentice Hall.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K., 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, **47**(1): 39-50.
- Gossett, D. R., Banks, S. W., Millhollon, E. P., Lucas, M. C., 1996. Antioxidant response to NaCl stress in a control and an NaCl⁻ tolerant cotton cell line grown in the presence of paraquat, buthionine sulfoximine, and exogenous glutathione. *Plant Physiology*, **112**(2): 803-809.
- 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**(3): 706-714.
- Grattan, S. R., Grieve, C. M., 1999. Salinity mineral nutrient relations in horticultural crops: a review. *Scientia Horticulturae (Netherlands)*.
- Greenway, H., Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology*, **31**(1): 149-190.

- Günes, A., Inal, A., Alpaslan, M., 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline, and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition*, **19**(2): 389-396.
- Güzel, N., Gülüt, K. Y., Büyük, G., 2002. *Toprak verimliliği ve gübreler*. Bitki Besin Elementleri Yönetimine Giriş. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın: 246.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Fujita, M., 2013. Plant response to salt stress and role of exogenous protectants to mitigate salt-induced damages. *In Ecophysiology and Responses of Plants Under Salt Stress: (Pp. 25-87)*. Springer, New York, NY.
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Handa, A. K., 1986. Cellular mechanisms of salinity tolerance. *Hortscience (Usa)*. **21**: 1317-1324
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., Bohnert, H. J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Biology*, **51**(1): 463-499.
- 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**(2):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.
- Hoffmann, R., Tufariello, J., Bissón, M. A., 1989. Effect of divalent cations on Na+ permeability of Chara corallina and freshwater grown Chara buckellii. *Journal of Experimental Botany*, **40**(8): 875-881.
- Hu, Y., Schmidhalter, U., 2005. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **168**(4): 541-549.
- Huang, J., Redmann, R. E., 1995. Solute adjustment to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *Journal of Plant Nutrition*, **18**(7): 1371-1389.
- Julius, D., Basbaum, A. I., 2001. Molecular mechanisms of nociception. *Nature*, **413**(6852): 203.
- 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., Katkat, V., 2006. *Bitki Besleme Kitabı*. Nobel Yayınları, Şubat.
- Kacar, B., Katkat, A. V., 2007. *Bitki Besleme 2. Baskı*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 899.
- Kacar, B., Katkat, V. A., 2010. *Bitki Besleme*. Nobel Yayın No: 849. Fen Bilimleri: 30(5).
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2010. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları (Derleme). *Gazi University Journal of Science*, **18**(4): 723-740.
- Kara, T., 2000. Irrigation scheduling to prevent soil salinization from a shallow water table. *In International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity 573*: Pp. 139-151.
- Karanlık, S., 2001. *Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması*. Enst, Adana.
- Kemmler, C., Krauss, A., 1971. *K and Stress Tolerance Büntheof Agriculture* Research station of Kali und Salz A. C. Bünteweg 8, D-3000 Hannover.
- Konno, H., Yamaya, T., Yamasaki, Y., Matsumoto, H., 1984. Pectic polysaccharide breakdown of cell walls in cucumber roots grown with calcium starvation. *Plant Physiology*, **76**(3): 633-637.

- Kuşvuran, Ş., 2010. *Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Abak, K., Yaşar, F., 2007. Responses of some melon (*Cucumis* Sp.) genotypes to salt stress. *Journal of Agricultural Sciences (Turkey)*.
- Kwiatowsky, J., 1998. Salinity classification. *Mapping and Management in Alberta*.
- Lahaye, P. A., Epstein, E., 1971. Calcium and salt toleration by bean plants. *Physiologia Plantarum*, **25**(2): 213-218.
- Lauchil, A., 1990. Calcium, salinity and the plasma membrane. *Calcium in Plant Growth and Development*: 26-35.
- Lazof, D., Läuchli, A., 1991. The nutritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization: an electron-probe microanalytic study. *Planta*, **184**(3): 334-342.
- Lee, Y., Howard, L. R., Villalon, B., 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. *Journal of Food Science*, **60**(3): 473-476.
- Levitt, J., 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses (Physiological Ecology)*: Chilling, Freezing and High Temperature Stresses.
- Lopez, M. V., Satti, S. M. E., 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Science*, **114**(1): 19-27.
- Lutts, S., Kinet, J.M., Bouharmont, J., 1996. NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, **78**(3): 389-398.
- Luna, C., Garcia-Seffino, L., Arias, C., Taleisnik, E., 2000. Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance. *Plant Breeding*, **119**(4): 341-345.
- Maas, E. V., 1993. Salinity and citriculture. *Tree Physiology*, **12**(2): 195-216.
- Macho, A., Lucena, C., Sancho, R., Daddario, N., Minassi, A., Muñoz, E. ve Appendino, G., 2003. Non-pungent capsaicinoids from sweet pepper. *European Journal of Nutrition*, **42**(1): 2-9.
- Mangal, J. L., Lal, S., 1988. Salt tolerance behavior of khorif onion variety N. 53. *Haryana Journal Horticultural Science*, **17**(1-2): 78-82.
- Marschner, H., 1995. *Mineral Nutrition of Higher plants*. 2nd. Edn. Academic Pres.
- Mccauley, A., Jones, C., Jacobsen, J., 2009. Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. *Nutrient Management Module*, **9**: 1-16.
- Mer, R. K., Prajith, P. K., H. Pandya, D., Pandey, A. N., 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* and *Brassica juncea*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, **185**(4): 209-217.
- Morré, D. J., Morré, D. M., 2003. Synergistic Capsicum-tea mixtures with anticancer activity. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **55**(7): 987-994.
- Moreno, D.A, Pulgar, G., Romero, L., 2000. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. *Scientia Horticulturae* **86**(3): 175-183.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, **25**(2): 239-250.
- Munns, R., Termaat, A., 1986. Whole-plant responses to salinity. *Functional Plant Biology*, **13**(1): 143-160.

- Nieves, M., Cerda, A., Botella, M., 1991. Salt tolerance of two lemon scions measured by leaf chloride and sodium accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, **14**(6): 623-636.
- Niu, X., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M., Pardo, J. M., 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*, **109**(3): 735.
- Oraman, M. N., 1968. *Sebze İlimi*. Aü Ziraat Fakültesi Yayınları: 323.
- Öztaş, Ö., 2018. *Tuz Stresi Altındaki Biber Bitkisine Potasyum Uygulamalarının Etkisinin Araştırılması*, (yüksek lisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **60**(3): 324-349.
- Page, A., Chang, A., Adriano, D., 1990 Deficiencies and toxicities of trace elements. *Agric Salinity Assess Manage* **71**: 138-160.
- Pernezny, K., Roberts, P. D., Murphy, J. F., Goldberg, N. P., 2003. Compendium of pepper diseases.(Pp. 37). *St. Paul, Minnedota: The American Phytopathological Society*.
- Ramirez-Victoria, P., Guzman-Rincon, J., Espinosa-Aguirre, J. J., Murillo-Romero, S., 2001. Antimutagenic effect of one variety of green pepper (*Capsicum* Spp.) and its possible interference with the nitrosation process. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, **496**(1-2): 39-45.
- Renault, S., Affifi, M., 2009. Improving NaCl resistance of red-osier dogwood: role of CaCl₂ and caso 4. *Plant and Soil*, **315**(1-2): 123.
- Renault, S., Croser, C., Franklin, J. A. ve Zwiasek, J. J., 2001. Effects of NaCl and Na₂SO₄ on red-osier dogwood (*Cornus stolonifera* Michx) seedlings. *Plant and Soil*, **233**(2): 261-268.
- Rengel, Z., 1992: The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment*, **15**(6): 625-632.
- Robinson, S. P., Downton, W. J. S., Millhouse, J. A., 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt-stressed spinach. *Plant Physiology*, **73**(2): 238-242.
- Salin, M. L., 1988. Toxic oxygen species and protective systems of the chloroplast. *Physiologia Plantarum*, **72**(3): 681-689.
- Serrano, R., Gaxiola, R., 1994. Microbial models and salt stress tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **13**(2): 121-138.
- 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**(2): 169-174.
- Sharma, D. A., 1980. Effect of using saline water to supplement canal water irrigation on the crop growth of rice. *Current Agriculture*.
- 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.
- Siddiqui, S., Bangerth, F., 1995. Effect of pre-harvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples—influence of fruit size. *Journal of Horticultural Science*, **70**(2): 263-269.
- Sivritepe, N., 1995. Asmalarda tuza dayanıklılık testleri ve tuza dayanımda etkili bazı faktörler üzerinde araştırmalar. *Unpublished Phd Dissertation*, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa/Türkiye*: 176.

- Snapp, S. S., Shennan, C., 1992. Effects of salinity on root growth and death dynamics of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *New Phytologist*, **121**(1): 71-79.
- Sönmez, B., 1990. *Tuzlu ve Sodyumlu Topraklar*. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları: 62, 60.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W., 2000. Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*). *Physiologia Plantarum*, **109**(4): 435-442.
- Streb, P., Feierabend, J., 1996. Oxidative stress responses accompanying photoinactivation of catalase in NaCl - treated rye leaves. *Botanica Acta*, **109**(2): 125-132.
- Stushnoff, C., Quamme, H. A., 1983. Adaptation to specific climatic and soil environments. *Methods in fruit breeding. Moore JN and Janick, J.(Eds.). Purdue University Press, West Lafayette, Indiana*: 269-273.
- Szallasi, A., Blumberg, P. M., 1999. Vanilloid (capsaicin) receptors and mechanisms. *Pharmacological Reviews*, **51**(2): 159-212.
- Şalk, A., Arın, L., Devenci, M., Polat, S., 2008. *Özel Sebzecilik*. Tekirdağ-2008: 485s.
- Taiz, L., 2008. *Bitki fizyolojisi*. Palme.
- Taleisnik, E., Peyran, G., Arias, C., 1997. Respose of *Chlorisgayana* cultivars to salinity. 1. Germination and early vegetatif growth. *Tropical Grassland*, **31**: 232-240.
- Taylor, M. D., Locascio, S. J., 2004. Blossom-end rot: a calcium deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, **27**(1): 123-139.
- Tipirdamaz, R., Ellialtıoğlu, Ç., 1998. Some physiological and biochemical changes in *Solatum melongena* L. genotypes grown under salt conditions. In *Progress in Botanical Research* (Pp. 377-380). Springer, Dordrecht.
- Turhan, E., 2002. *Farklı Ortamlarda Yetistirilen Çileklerin Tuza Dayanıklılık Fizyolojileri Üzerine Arasturmalar* (doktora tezi, basılmamış). Uludag Univ Inst Natural Sci, Bursa: 195.
- Tuteja, N., 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. In *Methods in Enzymology* (Vol. **428**, Pp. 419-438). Academic Press.
- Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, **168**(1): 223-231.
- Üzal, Ö. 2009. *Tuz Stresi Altında Yetistirilen Bazı Çilek Çeşitlerinde Jasmonik Asitin Bitki Gelişimi Ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi*. (doktora tezi, basılmamış). Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Üzal, Ö., Yıldız, K., 2014. Bazı çilek (*Fragaria x ananassa* L.) çeşitlerinin tuz stresine tepkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **24**(2): 159-167.
- Üzal Ö., 2017. The effect of GA3 applications at different doses on lipidperoxidation, chlorophyll, and antioxident enzyme activity in pepper plants under salt stress, *Fresenius Environmental Bulletin*, **26**(8): 5283-5288.
- Villora, G., Moreno, D. A., Pulgar, G., Romero, L., 2000. Yield improvement in zucchini under salt stress: determining micronutrient balance. *Scientia Horticulturae*, **86**(3): 175-183.

- Viégas, R. A., Da Silveira, J. A., Lima Junior, A. R. D., Queiroz, J. E. ve Fausto, M. J., 2001. Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, **5**(2): 216-222.
- Volkmar, K. M., Hu, Y., Steppuhn, H., 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. *Canadian Journal of Plant Science*, **78**(1): 19-27.
- Votava, E. J., Bosland, P. W., 2002. Novel sources of non-pungency in capsicum species. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, **21**: 66-68.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, I., 2000. *Kültür sebzeleri (Sebze yetiştirme)*: 440 P. Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.
- White, P. J., Broadley, M. R., 2003. Calcium in plants. *Annals of Botany*, **92**(4): 487-511.
- Whittington, J., Smith, F. A., 1992. Calcium-salinity interactions affect ion transport in *Chara corallina*. *Plant, Cell and Environment*, **15**(6): 727-733.
- 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.
- Yang, Y. W., Newton, R. J., Miller, F. R., 1990. Salinity tolerance in sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, **30**(4): 775-781.
- Yasar, F., 2007. Effects of salt stress on ion and lipidperoxidation content in green beans genotypes. *Asian Journal of Chemistry*, **19**(2): 1165.
- 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.
- Yasar, F., Uzal, O., Tufenkci, S., Yıldız, 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., Üzal, Ö., Yaşar, Ö., 2016. Antioxidant enzyme activities and lipidperoxidation amount of Pea varieties (*Pisum Sativum Sp. Aevense L.*) under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, **25**(1): 37-42.
- 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 Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S., Kusvuran, S., 2006c. Ion and lipid peroxide content in sensitive and tolerant eggplant callus cultured under salt stress. *European Journal of Horticultural Science*, **71** (4): 169- 172.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu Ş., Ozpay, T., Üzal Ö., 2007b. Karpuz (*Citrillus Lanatus*) genotiplerinde, tuz stresinden kaynaklanan oksidatif zararlanmanın zamana göre değişimi ve skala ile ilişkisinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **12**: 59-64.
- 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.
- Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S., 2006b. Determination of anti-oxidant activities in some melon (*Cucumis melo L.*) varieties and cultivars under salt stress. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **81**(4): 627-630.

- Yaşar, F., Uzal, Ö., Özpay, T., 2010. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress, *African Journal of Agricultural Research*, **5**(19): pp. 2705-2709.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpay, T., Uzal, Ö. 2008b. Tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) antioksidatif enzim (SOD, CAT, APX ve GR) aktivitesi üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **18**(1): 61-65.
- 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*, **23**(4): pp.1093-1099.
- Yasar, F., Uzal, O., Yasar, O., 2013. Identification of ion accumulation and distribution mechanisms in watermelon seedlings (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) grown under salt stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, **23**(3): 209-214.
- Yıldız, M., Terzi, H., Cenkeçi, 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.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri-tolerance strategies developed by plants to the effects of salt stress. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **7**(1): 47-66.
- 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.



ÖZ GEÇMİŞ

Ömihan YILDIRIM, 1988 yılında Diyarbakır/Ergani ilçesinde doğdu. İlkokul'u Ergani İnkılap İlköğretim Okulu'nda, ortaokulu Ergani Ortaokulunda, liseyi Ortadoğu Kolejinde okudu. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi 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: 14/06./2019

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

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 74 sayfalık kısmına ilişkin, 14/06/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNİTİN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 14 (ONDÖRT) tür.

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 kelimedenden 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.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ömihan YILDIRIM

Öğrenci No:149101088

Anabilim Dalı: Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Programı: Tezli Yüksek Lisans

Statüsü: Y. Lisans

Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

(Unvan, Ad Soyad, İmza)