ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKROALG (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) KULLANIMININ GUAR (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) TAUB.) FİDELERİNDE TUZA TOLERANS ÜZERİNE ETKİSİ

AYŞE GÜL CAN

TARIM VE YAŞAM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Ayşe Gül CAN tarafından hazırlanan "Mikroalg (*Chlorella vulgaris* Beijerinck*)* Kullanımının Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) Fidelerinde Tuza Tolerans Üzerine Etkisi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : *Doç. Dr. Alpaslan KUŞVURAN*

Jüri Üyeleri :

Başkan: *Doç. Dr. Alpaslan KUŞVURAN*
(Çankırı Karatekin Üniversitesi, Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı)

Üye: *Prof. Dr.Ş.Şebnem ELLİALTIOĞLU*
(Ankara Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı)

Üye: *Dr. Öğr. Üyesi Bekir CENGİL*
(Çankırı Karatekin Üniversitesi, Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı)

Yukarıdaki sonucu onaylarım
Prof. Dr. Tamer KEÇELİ
Enstitü Müdürü V.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mikroalg (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) Kullanımının Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) Fidelerinde Tuza Tolerans Üzerine Etkisi

Ayşe Gül CAN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alpaslan KUŞVURAN

Bu çalışmada; yazlık bir baklagil türü olan guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) bitkisinde mikroalg kullanımının tuza tolerans üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada uygulamalar; kontrol, tuz (100 mM NaCl), tuz+mikroalg (100 mM NaCl+ $2x10^7$ alg mL^{-1} *Chlorella vulgaris* Beijerinck) olmak üzere 3 tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamadan sonra stres etkisinin net olarak görüldüğü dönemde bitkiler hasat edilerek; bitki morfolojik ve fizyolojik parametreleri bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda; tuz stresi incelenen parametreler bakımından azalmaya neden olurken, membran zararlanma indeksinde ise artış meydana gelmiştir. Mikroalg uygulaması ile büyüme parametreleri tuz stresi uygulamasına oranla %5-66 oranında artış gösterirken; MZİ (Membran Zararlanma İndeksi) %44 oranında azalmıştır. Çalışmada mikroalg uygulamasında mikrolag uygulanmayan tuz stresi koşullarına oranla K^+ (potasyum) ve Ca^{++} (kalsiyum) alımı %30-36 oranında artış göstermiş, buna karşılık Na^+ (sodyum) ve Cl^- (klor) iyon birikimi %37-41 oranında sınırlandırılmıştır. Araştırma sonucunda incelenen parametreler bakımından mikroalg uygulamasının tuz stresinin olumsuz etkisini önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir.

2019, 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: Alg, baklagil, biyogübre, stres fizyolojisi, tuzluluk

ABSTRACT

Master's Thesis

Effect of Microalgae (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) Extracts on Salt Tolerance in Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) Seedlings

Ayşe Gül CAN

Cankiri Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture and Life Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Alpaslan KUŞVURAN

In this study, using of microalge was investigated on effects of salt tolerance at Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.), Seeds were planted in plastic pots (12 lt) with a mixture of peat:perlite at a ratio of 2:1 and 5 plants in each pots. Plants were irrigated with standard nutrition solution till they were reached up to three true leaf stages. Applications, which were; control, salt (100 mM NaCl), salt+microalgae (100 mM NaCl+2x10^7 alg mL^{-1} *Chlorella vulgaris* Beijerinck) were arranged three replications. At the end of the applications, plants were evaluated according to morphological and physiological parameters. Generally, plant growth application improved K^+ (potassium) and Ca^{++} (calcium) accumulation by 30-36%, however Na^+ (sodium) and Cl^- (clor) accumulations were limited 37-41% rations parameters were decreased depend on salt stress. However, membrane injury index was increased the same condition. With microalgae application, growth parameters shown increase by 5-66% on the other hands MIDX (Membran Injure Index) value decreased by 44% compared to without microalgae salinity treatments. In terms of ion concentrations; microalgae application improved K^+ and Ca^{++} accumulation by 30-36%, however Na^+ and Cl^- accumulations were limited 37-41% rations vs. without microalgae salinity treatments. The results of the study, using of microalgae was helped to increase of guar to tolerate the adverse effects of salinity.

2019, 60 pages

Key words: Algae, legume, biofertilizer, stress physiology, salinity

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma, başta Hindistan ve Pakistan olmak üzere, dünyanın farklı bölgelerinde uzun yıllardır yem ve/veya yeşil gübre bitkisi olarak yetiştiriciliği yapılan ve 21 farklı sektörde, 100'den fazla kullanım alanına sahip olmasıyla özellikle son yıllarda dikkate değer bir şekilde çalışmalara konu olan guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) bitkisinde mikroalg (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) kullanımının, tarım alanlarının en büyük sorunlarından birisi olan tuzluluk problemine katkı sağlaması için, mikroalgin tuza tolerans üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Tez konusunun belirlenmesinde bilgi birikimiyle bana yol gösteren, sera ve laboratuvar çalışmalarımda birebir ilgilenen değerli danışman hocam Doç. Dr. Alpaslan KUŞVURAN'a teşekkür ederim. Aynı zamanda çalışmamda yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Şebnem KUŞVURAN'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın farklı aşamalarında yardımları ile bana destek olan Zir. Müh. Elif KAYA'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamızda mikroalg teminini sağlayan Denge Tarım Genel Müdür Yardımcısı Atakan ATALAY'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin başlangıcından itibaren yanımda olan değerli ailem Dudu CAN, Süleyman CAN ve Fatih CERRAHOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayşe Gül CAN
Çankırı, Haziran 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ii
ABSTRACT iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR iv
SİMGELER DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 7
2.1 Bitkilerde Tuz Stresi 7
2.2 Guarda Tuz Stresi 10
2.3 Bitkilerde Mikroalg Kullanımı. 16
3. METARYAL VE YÖNTEM 19
3.1 Materyal 19
3.2 Yöntem 19
3.2.1 Bitkilerin Yetiştirilmesi ve Denemenin Kurulması 19
3.2.2 Tuz ve Mikroalg Uygulamalarının Yapılması 21
3.2.3 İncelenen Özellikler ve Yöntemleri 23
4. BULGULAR 34
4.1 Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığında Meydana Gelen Değişimler 34
4.2 Gövde Boyunda Meydana Gelen Değişimler 35
4.3 Gövde Çapında Meydana Gelen Değişimler 36
4.4 Dal Sayısında Meydana Gelen Değişimler 37
4.5 Yaprak Sayısı ve Yaprak Alanında Meydana Gelen Değişimler 38
4.6 Yaprak Oransal Su İçeriği'nde (YOSİ) Meydana Gelen Değişimler 40
4.7 Membran Zararlanma İndeksinde (MZİ) Meydana Gelen Değişimler 41
4.8 Klorofil İçeriğinde (SPAD) Meydana Gelen Değişimler 42
4.9 Sodyum (Na^+) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler 43
4.10 Potasyum (K^+) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler 44
4.11 Kalsiyum (Ca^{++}) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler 45
4.12 Klor (Cl^-) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler 46
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 48
KAYNAKLAR 54
ÖZGEÇMİŞ 60

SİMGELER DİZİNİ

>	Büyüktür
dS	Desisiemens
Ec	Elektriksel İletkenlik
Ha	Hektar
<	Küçüktür
l	Litre
m	Metre
mg	Miligram
%	Yüzde
g	Gram
da	Dekar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Tohum ekimi öncesi hazırlık ve tohumların ekimi 20
Şekil 3.2 Bitkilerde çıkış sonrası 21
Şekil 3.3 Tuz (NaCl) ve Tuz (NaCl)+mikroalg uygulama başlangıç aşaması..... 22
Şekil 3.4 Bitkilerin askıya alınması 22
Şekil 3.5 Tuz (NaCl) ve Tuz (NaCl)+mikroalg uygulamaları 23
Şekil 3.6 Tuz (NaCl) ve Tuz (NaCl)+mikroalg uygulamaları 23
Şekil 3.7 Bitki gövde boyu ve çapının belirlenmesi 24
Şekil 3.8 Yaprak sayısı, yaprak alanı ve dal sayısının belirlenmesi 25
Şekil 3.9 Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi 26
Şekil 3.10 yaprak hücrelerinde membran zararlanmasının belirlenmesi (MZİ) 28
Şekil 3.11 Klorofil değerinin belirlenmesi..... 29
Şekil 3.12 Kontrol, tuz (NaCl) ve tuz (NaCl)+mikroalg uygulamaları 30
Şekil 3.13 Kontrol ve tuz (NaCl) uygulaması..... 32
Şekil 3.14 Tuz (NaCl) ve tuz (NaCl)+mikroalg uygulaması 32
Şekil 4.1 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında bitki yaş ve kuru ağırlığında meydana gelen değişimler…….34
Şekil 4.2 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında gövde boyunda meydana gelen değişimler 36
Şekil 4.3 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında gövde çapında meydana gelen değişimler..... 37
Şekil 4.4 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında dal sayısında meydana gelen değişimler 38
Şekil 4.5 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında yaprak sayısında meydana gelen değişimler 39
Şekil 4.6 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında yaprak alanında meydana gelen değişimler..... 40
Şekil 4.7 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında yaprak oransal su içeriğinde (YOSİ) meydana gelen değişimler..... 41
Şekil 4.8 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında membran zararlanma indekisinde (MZİ) meydana gelen değişimler..... 42
Şekil 4.9 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında klorofil içeriğinde (SPAD) meydana gelen değişimler .. 43
Şekil 4.10 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Sodyum (Na^+) içeriğinde meydana gelen değişimler..... 44
Şekil 4.11 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Potasyum (K^+) içeriğinde meydana gelen değişimler 45
Şekil 4.12 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Kalsiyum (Ca^{++}) içeriğinde meydana gelen değişimler .. 46
Şekil 4.13 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Klor (Cl^-) içeriğinde meydana gelen değişimler 47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 *Chlorella vulgaris*'in kimyasal kompozisyonu (% kuru ağırlık)..... 5
Çizelge 3.1 Denemede guar bitkilerinin sulanmasında kullanılacak olan standart besin çözeltisinin içeriği 20

1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde stres, abiyotik (tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksiklik veya fazlalıkları, ağır metaller, hava kirliliği, radyasyon gibi) ve biyotik kökenli etmenler (mantar, bakteri, virüs hastalıkları ve zararlılar) nedeniyle bitkinin büyüme ve gelişmesinde olumsuzluklara, bunlara bağlı olarak verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir dizi gerilemeye neden olması biçiminde tanımlanabilir (Kuşvuran 2010).

Tuz stresi; özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olarak karşımız çıkmaktadır. Tuzluluk; yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların, yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun uçmasıyla toprak yüzeyinde birikmesi olayıdır. Tuzluluğun artışına bağlı olarak sürdürülebilir tarım alanlarının önümüzdeki 25 yıl içerisinde %30'unun, 21. yüzyılın ortalarında ise %50'sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir (Munns 1986, Bonilla *et al*. 2004, Ahmadi *et al*. 2009). İklimsel değişikliklerin beraberinde getirdiği kalitesiz ve kontrolsüz su kullanımı nedeniyle, dünya genelinde 1.5 milyar ha tarım alanının yaklaşık olarak %5'inin (77 milyon ha) tuzluluktan etkilendiği, ayrıca bu alanların dünya yiyecek ihtiyacının üçte birini karşıladığı belirtilmektedir. Türkiye ise 1.5 milyon ha alanda tuzluluk problemi ile mücadele etmekte ve halen de bu alanların artışını önlemeye yönelik çalışmalar yapmaktadır. Bahsedilen bu alanların %60'ı tuzlu, %19.6'sı orta derecede tuzlu, %0.4'ü orta derecede alkali, %12'si hafif tuzlu-alkali, %8'i ise orta derecede tuzlu-alkali olarak sınıflandırılmaktadır (Kuşvuran 2010).

Tuzluluğun bitki gelişimi üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kaldırılması amacı ile bazı önlemler alınabilmektedir. Bu uygulamalar arasında; tuzlu toprakların ıslah edilmesi, tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi ve daha kaliteli su kullanımı, organik

gübreler kullanılarak toprağın humus miktarının artırılması, aşırı inorganik gübrelemeden kaçınılması, seralarda topraksız yetiştiricilik yapılması gibi bazı tekniklerin kullanımı yer almaktadır. Ancak tuzluluğun zararlı etkilerini ortadan kaldırmayı amaçlayan bu çalışmalar oldukça masraflı olmasının yanı sıra geçici sonuçlar vermektedir. Özellikle iyileştirilen alanlarda kaliteli su kullanımı ile birlikte uygun sulama yöntemlerinin sağlanamadığı durumlarda toprağın tekrar tuzlanma olasılığı oldukça yüksektir. Araştırıcılar son yıllarda tuz zararının en aza indirilmesi amacı ile farklı önlemler üzerinde çalışmalarına devam etmektedir. Bunların başında tuzluluğun sorun olduğu alanlarda normal gelişme ve büyüme göstererek ekonomik bir ürün oluşturabilen, tuz stresine karşı toleransı yüksek bitki türleri, çeşitleri veya genotiplerinin belirlenmesi ve yeni çeşitlerin ıslah edilmesi gelmektedir (Saruhan *et al*. 2008, Daşgan ve Koç 2009, Kiran *et al*. 2016).

Tuz stresi; değişik tuzların toprak ya da suda bitkinin büyümesini engelleyebilecek konsantrasyonlarda bulunması olarak tanımlanır ve önlem alınmadığı takdirde geniş alanların tarım dışı kalmasına neden olur. Bu tuzlar genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlardır. Ancak doğada en çok rastlanılan tuz formu sodyum klorür (NaCl)'dür. Bitkiler tuz stresinden iki şekilde etkilenmektedirler:

1- Ozmotik etki: Topraktaki tuz miktarının artışı ozmotik basıncı artırdığı ve su potansiyelini düşürdüğü için köklerin su alımını engelleyerek bir çeşit kuraklık stresine sebep olmaktadır. Dolayısıyla bu çeşit tuz stresi gerek belirtileri gerekse sonuçları itibariyle bir kuraklık stresidir.

2- Toksik etki: Tuz iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda olması halinde bitkide toksik etkiler görülür. Özellikle sodyum iyonları bitkiye fazla alındığında halofit olmayan bitkilerde toksik etkiler oluşur. Mitoz bölünmenin engellenmesi, bazı enzimlerin inaktivasyonu gibi toksik etkiler meydana gelir. Bu etkiler bitki gelişimi ve büyümesini önemli derecede sınırlandırmaktadır. Tuz stresi bitkiyi doğrudan öldürebileceği gibi,

bitkinin tuza toleransı ve ortamın tuz konsantrasyonuna bağlı olarak büyümeyi engellemekte, yaşlı yapraklardan başlayan klorofil ve membran parçalanmasına yani kloroz ve nekrozlara neden olmaktadır.

Bitki gelişimine olumlu katkıda bulunarak verimliliği artıran mikroorganizmalara, "biyogübreler" veya “mikrobiyal gübreler” denilmektedir. Enzimler ve hormonlar gibi maddeleri üretenler "fitostimulatörler" ve bitkinin doğal savunma mekanizmasını teşvik edecek bileşikleri üreterek bitkinin patojenlere karşı direncini geliştiren mikroorganizmalar da "biyopestisitler" olarak adlandırılabilmektedir. Son 50 yıl içerisinde, medikal teknolojinin gelişiminde, insan ve hayvan sağlığında, gıda işlenmesinde, gıdaların güvenli ve kaliteli oluşlarında, genetik mühendisliğinde, çevrenin korunmasında, tarımsal biyoteknolojide ve özellikle tarımsal ve evsel atıkların değerlendirilmesinde mikroorganizmaların başarılı kullanım örneklerini görmek mümkündür.

Günümüzde, yeni teknolojiler sayesinde, çok çeşitli mikrobiyal kültürler ve aşılama materyalleri piyasada ticari olarak bulunabilmektedir. Çeşitli mikoriza türleri, bakteriler ve algler bu gruba giren önemli mikroorganizma gruplarıdır. Biyogübre olarak kullanılan bu mikroorganizmalar bitki gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin döngüsünde görev aldıklarından verimliliğin önemli unsurları arasında yer almaktadır. Günümüzde, biyogübrelemenin, tüm dünyada bitkilere yapılan azot desteğinin yaklaşık %65’ini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Güneş vd. 2008, Karaçal ve Tüfekçi 2010, Aydöner 2011).

Bununla birlikte, deniz yosunlarının tarımda ve özellikle biyolojik tarımda verim ve kaliteyi arttırmak, bitki büyümesini düzenlemek, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı artırmak, toprak yapısını iyileştirmek ve hayvan besiciliğinde verim ve kaliteyi artırmak amaçlarıyla dünyanın birçok bölgesinde kullanıldıkları bilinmektedir. Deniz yosun ekstraktları birçok ülkede sera sebzeciliği, meyve (turunçgil, asma, elma,

armut vb.) ve süs bitkileri (orkideler vb.) yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Aydöner 2011).

Deniz yosunları; kuvvetli kök gelişmesini sağlayarak, bitkilerin topraktan daha fazla besin maddesi ve su almalarını, bitkilerde klorofil oluşumunu hızlandırarak yeşil aksamın artmasını, dolayısıyla daha fazla karbonhidrat, protein vb. maddelerin sentezlenmesini, bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı daha dirençli olmalarını, don, kuraklık, yetersiz güneş, aşırı su, aşırı sıcak ve aşırı soğuk gibi çevresel streslere dayanımını sağlarlar.

Bunun yanı; sıra makro ve mikro besin kaynağıdırlar. Toprakta bitki tarafından alınamayan özellikle mikro elementleri şelat formuna sokarak bitkinin en yüksek oranda almasını sağlarlar ve bunları bitkide dengeli hale getirirler. Meyve ağaçlarında yan dallanmayı ve meyve tutumunu artırırlar. Ayrıca çiçek ve meyve dökümünü azaltırlar. Bitkilerde %30'a kadar verim artışı sağlarlar. Makro ve mikro besin elementlerinin topraktan dengeli olarak ve uzun süreli alınmasını sağlayarak verimi yükseltir ve kaliteyi iyileştirirler (Blunden *et al*. 1992).

Eski zamanlardan beri besin olarak *Chlorella*'nın tek hücreli yapısı; vitamin, protein, mineral, aminoasitler, nükleik asitler (RNA, DNA), temel yağ asitleri, enzimler ve karotenoidlerin yoğun bir kaynağı olmasına büyük bir avantaj sağlamaktadır. *Chlorella* bu besinleri saf, katkısız ve doğal olarak çok iyi bir denge içerisinde barındırır ve tek başına bile tam bir besin kaynağıdır. *Chlorella,* %50-60 oranında proteinden oluşmakta olup klorofilin doğada bilinen en yüksek oranlı kaynağıdır. Ayrıca demir, iyot, çinko, magnezyum, fosfor ve kalsiyum da içermektedir. *Chlorella*, sığır karaciğerinin içermekte olduğu B12 vitamininden daha fazla B12 içerir (Jensen 1987). İsmini, Latince'de 'küçük, taze yeşil' anlamına gelen ve bitkiler aleminde adını içinde taşıdığı klorofilden alan yeşil bir plankton cinsidir. Bilinen en eski canlılardan ve besin kaynaklarından biridir.

Çizelge 1.1 *Chlorella vulgaris*' in kimyasal kompozisyonu (% kuru ağırlık) (Phang 1992).

Protein	%51-58
Lipid	%14-22
Karbonhidrat	%12-17
Mineral	%5-10

Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) Hindistan'da doğal vejetasyonda bulunan bir tür olup, bu ülkede ve Asya Kıtasında uzun yıllardır tarımı yapılmaktadır. Tarımsal anlamda genellikle sebze olarak, büyükbaş hayvanlar için yem, toprak özelliklerini iyileştirmek için yeşil gübreleme ya da örtü bitkisi olarak kullanılan yazlık bir baklagil türüdür (Rao and Shahid 2010, Rai 2015). Yeşil taze baklaları sebze olarak tüketilmekte olup, özellikle Vitamin A, demir (Fe) ve Vitamin C bakımından zengin bir içeriğe sahiptir (Deka *et al.* 2015).

Guar tohumlarından elde edilen guar zamkı bitkinin ticari olarak en büyük öneme sahip kısmı olup gıda sanayinden, petrol ve gaz sanayine, kâğıt, tekstil, kozmetik sektöründen, madencilik ve patlayıcılara kadar birçok alanda kullanılmaktadır (NRAA, 2014). Yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı Asya kıtasında bitkinin ekim alanı, verimi ve buna bağlı olarak toplam üretimi muson yağmurlarına bağlı olduğundan, yıllık üretim miktarında dikkate değer dalgalanmalar görülmekte, yıllık ortalama 1.0-1.6 milyon ton arasında üretim değerine sahip olmaktadır (Sharma and Gummagolmath 2012).

Guar zamkı doğal bir nano parçacık olup türevleri önemli içeriklere sahiptir. 21 farklı sektörde yaklaşık 100 farklı üründe çok farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu ürünler arasında en yaygın olarak kullanıldığı alanlar gıda, ilaç, kozmetik, kâğıt, patlayıcı maddeler ve yangın söndürme cihazları, tekstil, sigara, petrol ve kaya gazı keşifleri olarak sıralanabilir. Hayvanların kaba yem ihtiyacını karşılamak için başarılı bir şekilde yetiştirilmektedir. Bir baklagil olduğundan kendisi ve kendisinden sonraki ürün için

atmosfer azotunu bağlamak suretiyle toprağın üretkenliğini de artırmaktadır (Bewal *et al.* 2009, Cebeci vd. 2016). Diğer baklagil türlerinde olduğu gibi, kullanılabilir azot bakımından toprak yapısını iyileştirici özelliğe sahiptir. Köklerindeki nodüller sayesinde kendisinden sonra gelen bitkilerin kullanabileceği formda azotu toprağa kazandırmakta ve bu da kendisinden sonra gelen bitkide verim artışı sağlamaktadır (Undersander *et al*. 1991). Guar'ın ticari olarak yetiştiriciliğinin asıl amacı tohumunda bulunan endospermin çok değerli olmasından ileri gelmektedir. Endosperm tohumun yaklaşık %29'luk kısmına sahip olup, bu kısımda ürünün ana kısmını oluşturan ve soğuk suda akışkan bir jel haline gelen galactomannan içermektedir. Ayrıca endosperm alındıktan sonra geriye kalan embriyo ve tohum kabuğu gibi kısımları da %30-35 civarında protein içerdiği için hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Undersander *et al*. 1991).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, bitki gelişimine ve verimliliğe katkısı birçok literatürde ifade edilen ve bir tatlı su algi olan *Chlorella vulgaris*'in ülkemiz için yeni bir baklagil türü olan ve farklı kullanım alanlarına sahip guarda tuza toleransı artırmaya yönelik etkileri incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Bitkilerde Tuz Stresi

Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan olumsuzluklar arasında tuzluluk, bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli abiyotik stres faktörü olarak değerlendirilmektedir (Da Silva *et al*. 2017). Dünyadaki arazilerin yaklaşık olarak %7'si yüksek düzeyde tuzluktan etkilenmiş durumda iken; ekilebilir alanların yaklaşık %20'si, sulanan alanların ise %33'ü tuzdan etkilenmiş durumdadır (Kibria *et al*. 2017).

Tuzlu topraklar; özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak bulunan ve bitki gelişimine engel olacak miktarda çözünebilir tuz içeren topraklardır. Çözünebilir tuzlar, bitkiler tarafından kolayca alınabilirler. Bitki bünyesine giren tuz bileşikleri çeşidine ve miktarına göre belli bir konsantrasyonu aşınca bitkiye zararlı olmaktadır. Topraktaki en yaygın çözünebilir tuzlar, sodyum klorür (NaCl) ve sodyum sülfattır (Na_2S0_4). Bunların yanı sıra, toprakta önemli miktarda kalsiyum sülfat ($CaSO_4$), magnezyum sülfat ($MgSO_4$), potasyum nitrat (KNO_3) ve sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) tuzları bulunmakla beraber bu tuzların çoğu suda tamamen çözünmemektedir (Hasanüzzaman *et al*. 2011).

Tuz stresi bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal pek çok değişime yol açmaktadır. İyon toksisitesi, iyon dengesinin bozulmasına bağlı olarak ortaya çıkmakta ve bitkide beslenme bozukluklarına sebep olmaktadır. Bitki büyüme ortamında bulunan tuz, K^+ alınımıyla rekabet halinde olan Na^+ miktarını artırmaktadır. Hücrelerde Na^+ miktarı artıkça, hücre dışına K^+ akışı gerçekleşmekte böylece K^+ sızıntısı tetiklenerek sitozolde K^+ eksikliği oluşmaktadır (Chokshi *et al*. 2017). Hücre içinde miktarı artan Na^+, hücre zarındaki Ca^{++}'nın da yerini almaktadır. Sonuç olarak, tuz stresi sırasında Na^+ miktarı, hücresel iyon dengesini, özellikle de K^+/Na^+ oranındaki dengeyi bozmaktadır (Rahman *et al*. 2016). Toprakta ya da herhangi bir bitki büyüme ortamında

yüksek tuzluluk, doğrudan ozmotik potansiyeli azaltarak su alımının azaltılmasına dolayısıyla hücreden su çıkışına ve stomanın kapanmasına neden olur (Shabala and Cuin 2008, Chokshi *et al*. 2017, Rajput *et al*. 2017). Hem ozmotik stres hem de iyon toksisitesi bitki fotosistemini engelleyerek aşırı miktarda ROS ($^1O_2$, O_2 •- , H_2O_2 ve OH•) üretimine yol açmaktadır (Hasanüzzaman *et al*. 2011).

Chaum *et al*. (2013), çalışmalarında iki önemli baklagil türü olan börülcenin (*Vigna unguiculata* Walp.) ve fasulyenin (*Canavalia ensiformis* L.) tuz stresi karşısında vermiş olduğu fizyolojik ve biyokimyasal cevapları araştırmışlardır. Çalışmada bitkilere 0, 50, 100, 150 ve 200 mM NaCl uygulamışlardır. Araştırmada klorofil içeriği (klorofil a ve klorofil b), prolin miktarı, elektriksel iletkenlik, su kullanın etkinliği, Na^+ ve K^+ iyon içeriği, çimlenme yüzdesi, bitki yaş ve kuru ağılıklarını analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda, iyon içeriği, prolin miktarı ve elektriksel iletkenliğin her iki türde de arttığını, 200 mM dozda börülcede klorofil içeriği ile potasyum iyonunun hızlı bir şekilde azaldığını tespit etmişlerdir. Potasyum içeriği, su kullanım etkinliği ve klorofil pigmentlerindeki düşüşün fasulyede börülcedekine göre daha az olduğunu saptamışlardır. Fasulyenin tuzlu toprakların iyileştirilmesi çalışmalarında yeşil gübre olarak kullanılabilecek aday bir baklagil bitkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Baran ve Doğan (2014) tarafından, tuz stresinin farklı (50, 75, 100, 125, 150 mM) konsantrasyonu ile salisilik asidin farklı (0.1, 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.0 mM) konsantrasyonlarının uygulandığı, soya (*Glycine max* L.) bitkisindeki bazı parametrelerdeki değişiklikler araştırılmıştır. Çalışmada, tuz uygulamasına bağlı olarak bitkilerin klorofil, MDA (malondialdehit), iyon (Na^+, K^+, Ca^{++}, Mg^{++}) prolin ve iyon içeriklerinin kontrole göre farklı şekilde değiştiği belirlenmiştir. Farklı tuz konsantrasyonu klorofil, potasyum ve magnezyum miktarında azalmaya, MDA, prolin, sodyum ve kalsiyum miktarında artmaya sebep olmuştur. Salisilik uygulamasıyla klorofil, potasyum ve magnezyum miktarı artmış, MDA, prolin, sodyum ve kalsiyum miktarı azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre klorofil, MDA, iyon ve prolin ile uygulanan salisilik asit miktarı arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir.

Salisilik asidin tuz stresine karşı koruyucu özellik gösterdiği ve 1.0 mM salisilik asit konsantrasyonu tuz stresine karşı etkin tolerans artırıcı etki yaptığı sonucuna varmışlardır.

Yıldız (2016), ilkbahar döneminde gerçekleştirilen denemede 3 farklı (Cremna, Maximus ve TZ 148) interspesifik hibrit kabak (C*ucurbita maxima x Cucurbita moschata*) anacına aşılı Junior mini hıyar çeşidi kullanmış ve aşısız Junior bitkilerine de kontrol amaçlı yer vermiştir. Çalışmada, 3 farklı dozda [0 (kontrol), 10 ve 20 mM NaCl] tuz uygulaması dikimden 37 gün sonra gerçekleştirilmiş ve tuz stresinin bitki gelişimi ve verimini azalttığı tespit edilmiştir. Besin çözeltisindeki tuz miktarının artışıyla beraber bitki bünyesindeki Cl^- ve Na^+ miktarları artmış, K^+ miktarı ise azalmıştır. Ancak, aşılı bitkilerde Na^+'nın köklerde tutulduğu, üst aksama iletilmediği belirlenmiştir.

Rahman *et al*. (2016), çeltik bitkilerinde, tuzluluğun kuraklığa ve kloroza neden olduğunu ve sonuçta bitki büyümesini azalttığını gözlemlemişlerdir. Araştırıcılar, tuz stresinin hücre içine Na^+ akışı ve hücre dışına K^+ çıkışının iyon dengesini bozarak bitki için gerekli olan farklı besinlerin alımını azalttığını bildirmişlerdir.

Sohrabi *et al*. (2017) tarafından, 3 farklı asma çeşidinde (Bidane-Sefid, Sefid-Fakhri ve Yaghooti) tuz stresinin ortaya koyduğu değişimleri inceledikleri çalışmalarında, 3 farklı dozda (25, 50, 100 mM) NaCl çözeltisi uygulamışlardır. Kontrol grubunda ve 25 mM NaCl uygulanan bitkilerde hiçbir yaprak yanıklığının görülmediği, fakat diğer tuz konsantrasyonlarında ise yaprak yanıklığının bütün bitkilerde görüldüğünü belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda Yaghooti çeşidinin yaprak yanıklığı, klorofil, glisin betain, membran geçirgenliği ve malondialdehit gibi birçok morfolojik ve fizyolojik parametreler doğrultusunda tuz stresine karşı daha iyi bir performans sergilediği belirlenmiştir.

Deveci ve Tuğrul (2017) tarafından, tuz stresinin ıspanak yaprak fizyolojisinde oluşturduğu olumsuz etkilerin tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, materyal olarak Meridien F1 çeşidi ile San Moreno F1 çeşidi, su kültürü yetiştirme sisteminde ise Hoagland besin çözeltisi kullanılmıştır. Tuz uygulamaları bitkilerin 4-5 gerçek yapraklı olduğu dönemde yapılmaya başlanmış hasat dönemine kadar kaplardaki besin çözeltisinin tuzluluğu EC = 2, 6, 8 ve 10 dS m^{-1} olacak şekilde NaCl ilave edilerek elde edilmiştir. Araştırmada yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak oransal su içeriği (%), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yapraklarda bulunan toplam klorofil (SPAD değeri) miktarı ve yaprak stoma geçirgenliği (mmol m^{-2} s^{-1}) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tuz stresine karşı Meridyen F1 toleranslı, San Moreno F1 çeşidi hassas olarak tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasına nazaran artan tuz ilavesine karşı; şafak öncesi ve gün ortası yaprak su potansiyelleri yaprak oransal su içerikleri, yapraklardaki toplam klorofil miktarı ile stoma geçirgenlikleri azalmış, yaprak hücrelerinde membran zararlanma oranı ise artmıştır

2.2 Guarda Tuz Stresi

Francois *et al.* (1990), 'Kinman' ve 'Esser' guar türlerinin, toprak tuzluluğunun vejetatif büyüme ve tohum verimi üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, 0.8, 4.4, 8.5, 11.3, 15.7 ve 18.8 dS m^{-1} olmak üzere 6 farklı tuz konsantrasyonu kullanmışlardır. Çalışmada, 8.5 dS m^{-1} ve üzerindeki tuz konsantrasyonlarında tohum verimi %17 düzeyinde azalmıştır. Bununla birlikte bitki başına bakla sayısı ve tohum başına ağırlık değerlerinde de azalma meydana gelmiştir. Araştırıcılar 'Kinman' ve 'Esser' guar türleri için 8.5 dS m^{-1} düzeyinin eşik değer olduğu kanısına varmışlardır.

Ashraf *et al*. (2002) tarafından, 15 farklı guar ekotipinin tuz stresi karşında göstermiş oldukları tepkilerin incelendiği çalışmada, 3 farklı tuz dozu (3, 9 ve 15 dS m^{-1}) kullanılmıştır. Tuz stresi ile birlikte bitki boyu, kök boyu, kök yaş ve kuru ağırlığı,

gövde yaş ve kuru ağırlığı ile bitki başına tohum veriminde azalma meydana gelmiş; bu azalma tuz dozundaki artışa bağlı olarak etkisini daha net olarak göstermiştir

Teolis *et al*. (2009) 42 farklı guar aksesyonunun tuz stresinde göstermiş oldukları tepkileri belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri tarama çalışmasında; tohumları tuz stresi için 200 mM NaCl tuz konsantrasyonu ile sularken, kontrol bitkilerini saf su ile sulamışlardır. İncelenen aksesyonlar tuza tolerans özelliği bakımından geniş bir değişim göstermişlerdir. Çimlenme yüzdesi tuz stresi koşullarında %7 ile %90 oranları arasında değişmiş, tuza tolerans aksesyonlarda çimlenme yüzdesi daha yüksek bulunmuştur.

Ramarajan *et al.* (2013), guarda yaptıkları çalışmalarında, tuz stresinin tohum çimlenmesi ve biyokimyasal değişimler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. NaCl konsantrasyonunundaki artış, çimlenme oranlarını olumsuz yönde etkilediği bu değişimin hassas çeşitleride daha belirgin olduğu ifade edilmiştir.

Dihingra (2014), tuza tolerans olduğu bildirilen HG2-20 guar çeşidinin farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 4, 8, 12 dS m^{-1}) morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerini incelemiştir. Tuz stresi ile birlikte yaprak ve köklerde membrane zararlanma indeksi artış gösterirken; yaprak oransal su içeriği, hasat indeksi ve toplam biomassta azalma meydana gelmiştir. Çözülebilir şeker, aminoasit ve proline içeriğinde tuz stresi ile birlikte artış belirlenmiştir. Buna karşın çiçek başına polen sayısı, polen boyutu, bitki başına çiçek sayısı da tuz stresinden olumsuz etkilenen parametreler arasında yer almıştır.

Rasheed *et al*. (2015), tuzluluğun bitkisel üretimi önemli derecede azalttığını bu amaçla tuza tolerant çeşit ya da hatların belirlenmesine yönelik tarama çalışmaların önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırıcılar bu doğrultuda 31 farklı guar ekotipinin tuza tolerans bakımından göstermiş oldukları tepkileri belirlemişlerdir. Çalışmada EC 10 mS

cm^{-1} dozu ile tuz stresi oluşturulurken; kontrol grubunda 0.354 mS cm^{-1} EC dozu kullanılmıştır. Çalışma sonucunda gövde yaş ve kuru ağırlıkları ile gövde uzunluğu bakımından ortaya çıkan farklılıklar değerlendirilmiştir. Araştırmada kullanılan ekotipler bakımından tuza tolerans bakımından geniş bir varyasyon belirlenmiş, tuz stresinin genel olarak incelenen parametreler bakımından olumsuzluklara yol açtığı ifade edilmiştir.

Gul *et al.* (2015) guarda farklı tuz streslerinin bitki gelişiminde ortaya koydukları etkileri inceledikleri çalışmalarında 0, 2.5 ve 5 dS m^{-1} olmak üzere 3 farklı tuz dozu kullanmışlardır. Çalışmada tuz stresine paralel olarak bitki boyu, kök uzunluğu, yaprak sayısı ve alanı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, bitki başına tohum sayısı ve tohum verimi ile klorofil a/b oranında azalma meydana gelmiştir. Bu azalma 5 dS m^{-1} dozunda daha yüksek oranlarda gerçekleşmiştir. İyon değişimlerinin de incelendiği çalışmada bitki tuz dozundaki artış ile birlikte bitki Na^+ içeriğinde artış meydana gelmiş bunun aksine potasyum içeriğinde K^+/Na^+ oranında azalma meydana gelmiştir

Suraj *et al*. (2015) 15 farklı guar genotipinin tuz stresine olan tepkilerini incelmek amacıyla gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında 0, 4, 8, 12 ve 16 dS m^{-1} olmak üzere 5 farklı tuz konsantrasyonuna yer vermişlerdir. Tuz stresi tüm genotiplerde prolin ve toplam çözülebilir şeker miktarında artışa neden olmuş, bu artış tuz konsantrasyonundaki artış ile paralel bir biçimde devam etmiştir. En yüksek prolin birikimi 16 dS m^{-1} tuz konsantrasyonunda HG-563 nolu genotipte belirlenirken, en düşük içerik yine aynı konsantrasyonda HG-258 genotipinde tespit edilmiştir. Toplam çözülebilir şeker içeriği bakımından ise genotipler arasında geniş bir varyasyon görülmüş, en yüksek şeker içeriği 16 dS m^{-1} tuz konsantrasyonunda PNB genotipinde saptanmıştır.

Bitkisel üretimi ve dağılımı sınırlandıran en temel abiotik stres faktörlerinden birinin toprak tuzluluğu olduğunu ifade eden Gulati *et al.* (2016), guarda gerçekleştirmiş

oldukları çalışmalarında Ethyl methane sulphonate (EMS)'ın tuz stresine toleransta etkinliğini incelemişlerdir. Yedi günlük fidelerden elde edilen kotileden ve hipokotil eksplantları MS +B5 ortamına alınmış; incelenen ortamlarda en iyi kallus oluşumu MSB5 with 2 mg l^{-1} 2,4-D ve 1 mg l^{-1} BAP ortamından elde edilmiştir. Kallus ortamlarına 200 mM NaCl ilave edilerek tuz stresi ortamı oluşturulmuştur.

Saeed *et al.* (2016) tarafından guarda çay kompostunun tuz stresine tolerans etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada, bitkilerin bir bölümü sadece 0, 50 ve 100 mM NaCl stresine maruz bırakılırken, bir bölümü ise aynı tuz konsantrasyonlarında çay kompostu ortamında yetiştirilmişlerdir. Saksı kültüründe gerçekleştirilen çalışmada, toprak evapotrasnprasyon (ET), vejetatif büyüme parametreleri ile bazı biyokimyasal parametreler bakımından değerlendirilmişlerdir. ET değerleri tuz stresi ile birlikte azalma göstermiş, ancak kompost uygulaması tüm tuz konsantrasyonlarında ET değerinin azalmasına imkân vermiştir. Bunun yanı sıra incelenen tüm morfolojik ve fizyolojik parametreler bakımından tuz stresi düzeyindeki artışa bağlı olarak kontrol bitkilerine oranla kayıplar artış göstermiş ancak bu değişim çay kompostu kullanımı ile birlikte azalmıştır. Bunun yanı sıra organik çözeltiler (çözülebilir şeker, proteinler, serbest amino asit ve fenolik madde içeriği) tuz stresi koşullarında artış göstermiştir. Bu artış kompost kullanımında da belirlenmiştir. Çalışma sonucunda çay kompostunun tuz stresinin zararlı etkilerini hafifleterek, bitki gelişimini teşvik ettiği vurgulanmıştır.

Akçaman vd. (2017) tarafından, 8 adet guar (125-1, 1-1, 40-1, 57-1, 62-4, 94, 98, 114) hattında, SAR değeri 3'den küçük olacak şekilde farklı tuz kaynaklarından ($NaCO_3$, $MgCl_2$, $CaCl_2$), farklı seviyelerde sulama suyu elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine (0, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40 dS m^{-1}) sahip sulama sularının çimlenme üzerine etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen çalışmada; guar tohumlarının çimlenme hızı ve çimlenme gücü üzerine sulama suyu tuzluluğunun istatistiki açıdan önemli ($p<0.05$) etkileri olduğu belirlenmiştir. Sulama suyu tuzluluğu arttıkça çimlenme hızı ve çimlenme gücü azalma göstermiştir. Çimlenme hızı dikkate alındığında 8 dS m^{-1}'lik uygulama seviyesinde, %80 oranında çimlenme meydana gelmiş; çimlenme gücünde ise

12 dS m^{-1} uygulamasından itibaren etkilenmenin olduğu belirlenmiştir. Genotiplerin çimlenme hızı ve çimlenme gücü genel olarak birbirine yakın oranlar göstermiştir. Çalışmada, artan sulama suyu tuzluluk seviyesine bağlı olarak incelenen tüm parametrelerde etkilenme belirlenmiştir

Batırca (2017), guarda gerçekleştirmiş olduğu çalışmasında farklı gübre çeşidi ve dozlarının bazı verim ve kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada 3 azot dozu (0, 3, 6 kg da^{-1}) ve 5 azot dozu (0, 3, 6, 9, 12 kg da^{-1}) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda gübre dozlarının otun verimi ile kuru madde oranı; dal sayısı sap kalınlığı yaprak/sap, çiçek/bakla oranlarını etkilediği, azot uygulamasına bağlı olarak dal sayısının 5.76-6.82 adet arasında değiştiği gübre dozundaki artış ile birlikte yaprak sayısında da artış olduğu belirlenmiştir. Yaprak yaş ağırlığı azotun 0, 3 ve 6 kg seviyelerinde 61.92, 72.38 ve 75.12 g $bitki^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte azotlu gübreleme yaprak kuru ağırlığında (17.60, 19.98 ve 19.23 g $bitki^{-1}$) artışı teşvik etmiştir.

Meena *et al*. (2017) tarafından, 4 farklı tuz seviyesinde 0, 5, 2.0, 4.0, 6.0 dS m^{-1} yerfıstığı/guar rotasyonunda yetiştirilen bitkilerin morfolojik ve fizyolojik değişimleri ile verim parametrelerinin incelendiği çalışmada; her iki bitki türünde de en yüksek tuz düzeyi olan 6.0 dS m^{-1}'de fide gelişimi, bitki boyu, kök uzunluğu ve bitki başına verim önemli düzeyde azalmıştır. Ancak aynı koşullarda bitki boyu ve kuru ağırlık değerlerinde önemli bir değişim görülmemiştir. Bununla birlikte 2.0 dS m^{-1} düzeyinden itibaren her iki türde de verim azalmaya başlamıştır. Na^{+}, K^{+}, Ca^{++} ve P iyon birikiminin de incelendiği çalışmada; Na birikiminin genel olarak köklerde gerçekleştiği, diğer iyonlarda ise artan tuz stresi düzeyine bağlı olarak azalma meydana geldiği bildirilmiştir.

Suthar *et al*. (2018) tarafından, tuza tolerans düzeylerinin belirlenmesine yönelik guarda gerçekleştirilen çalışmada, 25 farklı guar genotipi yer almıştır. 4 farklı tuz

konsantrasyonunda (0, 3, 6 ve 9 dS m^{-1}) bitkiler, bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık ve iyon değişimi bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmada tuza tolerans bakımından genotipler arasında geniş bir varyasyon olduğu belirlenmiştir. İyon seçiciliği mekanizmasını kullanan ve daha yüksek K^+ ve K^+/Na^+ oranı gösteren genotiplerin yüksek tuz konsantrasyonlarına toleranslarının da yüksek olduğu bildirilmiştir. 25 genotip içerisinde, 8 genotip en yüksek tuz konsantrasyonu olan 9 dS m^{-1} değerinde tuz stresine tolerans özelliğini göstermiştir. Bunun yanı sıra diğer genotiplerin %50 si 3 ve 6 dS m^{-1} tuz konsantrasyonlarında kontrol bitkilerine oranla daha iyi bir gelişim göstermişlerdir.

Alshameri *et al.* (2019), bitkilerin kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi farklı abiotik stres koşullarına maruz kaldığını, ancak doğada çoğu zaman birkaç stresin birlikte etki ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir. Araştırıcılar, guarda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık streslerini ayrı ayrı ve çoklu stres olarak incelemişlerdir. Çalışmada sıcaklık stresi, biomass, bitki boyu, yaprak sayısı ve yaprak uzunluğu, kök boyu, su kullanım etkinliği ve stoma direncinde azalmaya neden olurken, çiçeklenme zamanında uzama belirlenmiştir. Kuraklık stresinde ise kök boyu, su kullanım etkinliği ve yaprak boyunda artış meydana gelmiştir. Bununla birlikte incelenen diğer parametrelerde ise orta düzeyde bir etki ortaya çıkmıştır. Tuz stresi kuraklık stresinde olduğu gibi orta düzeyde bir olumsuzluk ortaya koymuş ancak yaprak sayısı önemli düzeyde azalmıştır. Çalışmada çoklu stres uygulaması ise bitkilerde incelenen parametreler bakımından önemli hasarların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Araştırıcılar stresin tek başına ve birlikte değerlendirildiğinde; çoklu stresin bitkilerde çok daha etkili olduğu ve bitki gelişimini önemli düzeyde azalttığı kanısına varmışlardır.

2.3 Bitkilerde Mikroalg Kullanımı

Bitki gelişimine olumlu katkıda bulunarak verimliliği artıran mikroorganizmalara, "biyogübreler" veya “mikrobiyal gübreler” denilmektedir. Ürün verimliliği ve kalitesini artırmaya yönelik olarak kullanılan kimyasal gübreler, hava ve çevre kirliliğinin yanı sıra yeraltı su kaynaklarının da kirlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda biyogüvenliğin sağlanması için besin içeriği yönünden zengin, yüksek kaliteli gübre (biofertilizer) üretimine yönelik girişimlerde bulunulmuştur. Biyolojik gübre kullanımı verimliliğin artırılması ve sürdürülebilir tarımın gerçekleşmesinde kimyasal gübrelemeye bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Ju *et al*. 2018).

Biyogübre azot fiksasyonu, fosfat ve potasyum çözünme veya mineralizasyonu, bitki büyümesini düzenleyici maddelerin salınımı ve topraktaki organik maddenin biyolojik parçalanması yoluyla toprak ortamını her türlü makro ve mikro besin açısından zengin tutar. Bunun yanı sıra, tohum uygulamaları veya toprağa aşılanarak uygulandığında verim artırıcı bir rol oynamaktadır (Adesemoye and Kloepper 2009, Sinha *et al*. 2010).

Günümüze kadar biyogübreler organik gübreleme kapsamında incelenirken; teknoloji ve teknik bilgilerin gelişmesine bağlı olarak iki gübreleme arasında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (Ju *et al*. 2018). Biyogübre ve organik gübre arasında ayrımı yapan Vishal and Abhishek (2014), “biyogübrelerin, bakteri, alg, mantar gibi mikroorganizmaların canlı hücrelerinden oluştuğunu, diğer taraftan organik gübrelerin ise, hayvan gübresi gibi hayvansal kaynaklardan veya yeşil gübreler gibi bitki kaynaklarından elde edildiğini ifade etmiştir.

Faheed *et al*. (2008) tarafından, marul tohumlarının çimlenme kapasitesi üzerinde mikroalg kullanımının etkisinin incelendiği bir çalışmada; 3, 6, 9, 12 ve 15 olmak üzere 4 farklı günde tohum gelişimleri kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak

mikroalg kullanımının tohum çimlenmesi üzerinde pozitif bir etki yaptığı, fide gelişiminin artış gösterdiği ifade edilmiştir

Moniem *et al.* (2008), besin niteliğinde yaprak gübrelemesi olarak yeşil alg *Chlorella vulgaris'*in asmalarda gelişme ve verim üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada %25'ten %100'e kadar alg ekstrakt uygulaması kontrol uygulamasına göre, meyve tomurcuklarına ve tomurcuk patlaması üzerine belirgin bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Yaprak alanı ve yaprak sayısı, sürgün uzunluğu ve sürgün sayısı alg kullanımına bağlı olarak artış göstermiştir. Meyve kalite kriterlerinin de incelendiği çalışmada alg uygulaması ile birlikte SÇKM, SÇKM/asit ve toplam şeker içeriklerinde artış meydana gelirken; asitlik azalmıştır.

Bai *et al.* (2011) tarafından maş fasulyesinde gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı konsantrasyonlarda sıvı deniz yosunu gübresinin tohum çimlenmesi, büyüme ve verime olan etkisi araştırılmıştır. 1:10 oranındaki deniz yosunu konsantrasyonunun gövde uzunluğu, kök uzunluğu, yan kök sayısı, kökteki nodül sayısı, klorofil, protein gibi özelliklerde en yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir.

Beş farklı biyogübrenin (bireysel ve farklı kombinasyonlarda) mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin yetiştirildiği killi-tınlı tekstüre sahip bir toprağa Typic Xerofluvent uygulanarak agregat oluşumu üzerine etkilerinin belirlenmeye çalışıldığı çalışmada; kontrol (gübre uygulanmayan) (K^+), inorganik gübre (G) (15:15:15 kompoze gübre + amonyum nitrat, %33 N), mikoriza (M) (*Glomus* spp.), alg (A) (*Chlorella* spp.), bakteri (BMF) (*Bacillus megaterium* KBA10+*Pantoea agglomerans* RK-134+*Pseudomonas fluorescens* FDG-37), bakteri (BCP) (*Bacillus subtilis* PA1+*Paenibacillus azotofixans* PA2), vermikompost (V) (750 kg da^{-1}), vermikompost+mikoriza (VM), vermikompost+alg (VA), vermikompost+bakteri (VBMF), vermikompost+bakteri (VBCP) olmak üzere 11 farklı uygulama denenmiştir. 90 günlük inkübasyon süresi sonunda, biyogübre uygulamaları makro-agregatların miktarında önemli artış meydana

getirmiştir. BCP ve BMF uygulamaları >4 mm, M uygulaması 4–2 mm ve 2–1 mm, A ve V uygulamaları ise 2–1 mm boyuta sahip agregatların miktarında kontrole göre önemli düzeyde artış meydana getirmiştir. Çalışmada, >4 mm boyuta sahip agregatların miktarında özellikle vermikompost ile yapılan uygulamalarla önemli düzeyde artışlar elde edilmiştir (Sönmez ve Yılmaz 2016).

Paliwal *et al.* (2017) mikroalglerin çevresel stresler karşısında, hücresel ve biyokimyasal yapılarını stres koşullarına uyum gösterecek biçimde ayarlayabildiklerini ifade etmişler; mikroalgin yüksek tuz konsantrasyonlarını tolere edebilecek hücresel düzenlemeye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Dineshkumar *et al.* (2018) tarafından, çeltikte biyogübre kullanımının bitki gelişimi ve tohum verimi üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada; potansiyel bir biyogübre olan *Chlorella vulgaris* ve *Spirulina platensis* mikrolag türleri kullanılmıştır. Çalışmada bitkiler büyüme parametreleri (bitki boyu, yaprak sayısı, bitki yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı), tohum verimi, toprak biyolojik aktivite ve kimyasal özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Araştırıcılar uygulamalar sonucunda; incelenen parametreler bakımından mikroalg uygulamalarının çelikte verimi %7-29 oranında artırdığı, toprağın biyolojik ve kimyasal özelliklerini pozitif yönde etkilediği; her iki mikroalg türünün de biyogübre olarak başarı ile kullanılabileceği bildirilmiştir.

3. METARYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırmada 2014 yılında ülkemize Hindistan'dan getirilen, yem amacıyla ekimi yapılan ve dik gelişme formuna sahip guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) tohumu bitki materyali olarak kullanılmıştır. Klorofil içeren ve yeşil alglerin bir üyesi olan *Chlorella vulgaris* Beijerinck'in sıvı organik yapıda ticari bir ürünü (özellikleri: canlı mikroalg sayısı $2x10^7$ alg mL^{-1}; pH: 7; yoğunluk: 1; vitamin: A, B1, B2, C, E, and biotin, and aminoasit, arginin, sistin, histidin, lösin, lisin, metionin, fenialanin, triptofan ve valin) ise uygulama materyali olarak kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Bitkilerin Yetiştirilmesi ve Denemenin Kurulması

Çalışma genç bitki aşamasında, Çankırı Karatekin Üniversitesi Kızılırmak Meslek Yüksekokulu Ballıca Yerleşkesi'nde bulunan ve gündüz/gece sıcaklık değerleri 26±2 °C ve 18±2 °C, nispi nem değeri ise %65±5 olan plastik serada, tesadüf parselleri deneme desenine göre, 2018 yılı yaz döneminde, 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Guar bitkisine ait tohumlar 12 litre hacminde, 2:1 oranında torf:perlit içeren plastik saksılara ekilmiş ve nem kaybını asgari düzeyde tutmak için ayrıca bir miktar vermikulit eklenmiştir. Her saksıya 10'ar adet guar tohumu ekilip, bitki çıkışlarının ardından seyreltme yapılarak her saksıda diğerlerine göre daha sağlıklı çıkış yapan 5 bitki bırakılmıştır. Bitkiler 3 gerçek yapraklı aşamaya gelinceye kadar standart besin çözeltisi ile sulanmıştır (Çizelge 3.1). Sulamada "drene olan çözelti/uygulanan çözelti" oranı esas

alınmıştır (Schröder and Lieth 2002). Günlük olarak drenaj seviyeleri belirlenerek bu oran deneme süresince bitkilerin büyümesine göre %30 civarında tutulmuştur.

Çizelge 3.1 Denemede guar bitkilerinin sulanmasında kullanılan standart besin çözeltisinin içeriği (Daşgan ve Abak 1999).

Besin elementi	Konsantrasyon (mg L^{-1})
N	172.20
P	52.70
K	328.44
Mg	26.30
Ca	120.30
S	22.47
Fe	1.68
Mn	0.85
B	0.44
Zn	0.30
Cu	0.85



Şekil 3.1 Tohum ekimi öncesi hazırlık ve tohumların ekimi

3.2.2 Tuz (NaCl) ve Mikroalg Uygulamalarının Yapılması

Çalışmada uygulamalar;

1. Kontrol (K): Tuz (NaCl) uygulamasına maruz bırakılmadan standart besin çözeltisi ile sulama
2. Tuz (NaCl) (T): Standart besin çözeltisi ile birlikte 100 mM NaCl (tuz) uygulanması
3. Tuz (NaCl)+mikroalg (%5) (T+M) : Standart besin çözeltisi ile birlikte 100 mM NaCl (tuz) ve yapraktan mikroalg uygulaması şeklinde yapılmıştır.

Guar bitkileri, ekimden 39 gün sonra, 3 gerçek yapraklı aşamaya ulaştıklarında tuz ve tuz+mikroalg uygulamalarına geçilmiştir. 25 mM NaCl konsantrasyonundan başlanarak, kademeli olarak tuz konsantrasyonu artırılmış (50 mM) ve 4. gün sonunda 100 mM NaCl değerine ulaşılmıştır. Tuz+mikroalg uygulamasında, 100 mM NaCl uygulaması ile birlikte $2x10^7$ alg mL^{-1} konsantrasyonundaki stok mikroalg solüsyonu besin çözeltisi ile birlikte verilmiştir. Kontrol bitkileri ise standart besin çözeltisi ile sulanmıştır. Stres etkilerinin net olarak görüldüğü dönemde (100 mM NaCl uygulamasından 17 gün sonra) bitkiler hasat edilerek, bazı morfolojik ve fizyolojik parametreler bakımından değerlendirilmiştir.



Şekil 3.2 Bitkilerde çıkış sonrasına ait görüntüler



Şekil 3.3 Tuz (NaCl) ve Tuz (NaCl)+mikroalg uygulama başlangıç aşaması



Şekil 3.4 Bitkilerin askıya alınması



Şekil 3.5 Tuz (NaCl) ve Tuz (NaCl)+mikroalg uygulamaları



Şekil 3.6 Tuz (NaCl) ve Tuz (NaCl)+mikroalg uygulamaları

3.2.3. İncelenen Özellikler ve Yöntemleri

Yaş ve Kuru Ağırlıkların Belirlenmesi

Stres uygulamaları sonucunda hasat edilen bitkilerden rastgele seçilen 4'er bitki hassas terazide tartılarak g cinsinden yaş ağırlıkları belirlenmiş, daha sonra aynı örnekler 78 ºC

etüvde 24 saat süreyle (ağırlıkları sabit kalıncaya kadar) kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları g cinsinden tespit edilmiştir.

Gövde Boyu ve Çapının Belirlenmesi

Bitkide kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge cm (±0.5) cinsinden metre ile ölçülmüştür. Gövde çapı sayısal kumpas yardımı ile mm (±0.1) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.7 Bitki gövde boyu ve çapının belirlenmesi

Yaprak Sayısı, Yaprak Alanı ve Dal Sayısının Belirlenmesi

Deneme sonunda hasat edilen guar bitkilerinde yaprak sayısı bitki üzerindeki tüm yaprakların sayılması ile adet bitki^{-1} olarak, yaprak alanı ise CI BIO Science CI 202

model yaprak alan ölçer aleti kullanılarak cm^2 $bitki^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, her bir bitkideki dal sayısı adet olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.8 Yaprak sayısı, yaprak alanı ve dal sayısının belirlenmesi

Yaprak Oransal Su İçeriğinin Belirlenmesi

Çalışmada, yaprak oransal su içeriği (YOSİ) (%) Sanchez *et al*. (2004) ve Türkan *et al.* (2005)'e göre yapılmıştır. Stres sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi için taze ağırlıkları alınmış, daha sonra alınan yaprak örnekleri 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilerek bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 78ºC etüvde 24 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları g olarak tespit edilmiştir. Elde edilen taze ve kuru ağırlıklar aşağıdaki formül yardımıyla oranlanarak yaprak oransal su içerikleri (%) hesaplanmıştır.

(TA-KA)/(TuA-KA)x100

TA: Taze Ağırlık KA: Kuru Ağırlık TuA: Turgor Ağırlığı





Şekil 3.9 Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi

Yaprak Hücrelerinde Membran Zararlanmasının Belirlenmesi (MZİ)

Membran Zararlanma indeksi-MZİ (Membran Injury Index-MIDX) hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır (Dlugokecka and Kacperska-Palacz 1978, Fan and Blake 2008). Stres ve kontrol bitkilerinin alttan 3. yapraklarından 17 mm çapında alınan diskler deiyonize su içerisinde 5 saat bekletildikten sonra EC değeri tespit edilmiş, aynı diskler 100 °C'de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerden aşağıdaki formül yardımıyla yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%) belirlenmiştir.

MZİ=(Lt-Lc/1-Lc)x100

Lt: Tuzluluk stresindeki yaprağın otoklav edilmeden önceki EC/Otoklav edildikten sonraki EC

Lc: Kontrol yaprağının otoklav edilmeden önceki EC/Otoklav edildikten sonraki EC



Şekil 3.10 Yaprak hücrelerinde membran zararlanmasının belirlenmesi (MZİ)

Klorofil Değerinin belirlenmesi

Bitkilerde klorofil değeri Minolta marka klorofilmetre ile ölçülmüştür.



Şekil 3.11 Klorofil değerinin belirlenmesi

Mineral Element Analizleri

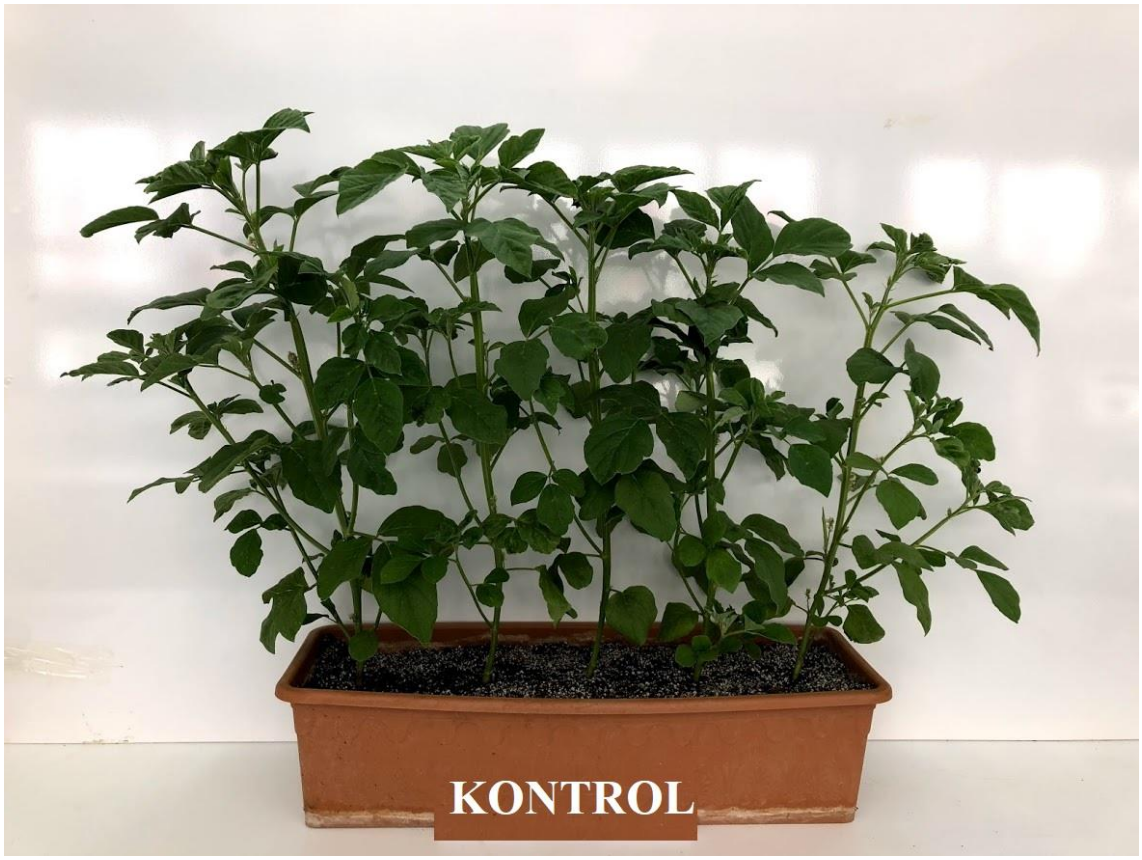
Uygulamalarından tesadüfî olarak seçilen 4'er bitkinin yaprakları mineral madde tayini için kullanılmıştır. 200 mg tartılan kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örnekleri 550 ºC kül fırınında 8 saat yakılmıştır. Elde edilen kül, %3.3'lük HCl'de çözünmüş ve mavi bantlı filtre kağıdında süzüldükten sonra Na^{+}, K^{+} ve Ca^{++} okumaları, Varian marka FS220 model Atomik Absorbsiyon Spekfotometre cihazında emisyon modunda gerçekleştirilmiştir. Bitki yeşil aksam Cl konsantrasyonun belirlenmesi Johnson ve Ulrich (1959)'e göre ve Mohr metodu ile yapılmıştır. Buna göre; öğütülmüş bitki örneklerinden 100 mg tartılarak 50 ml kapasiteli santrifüj tüpüne konulmuştur. Üzerine 25 ml saf su ilave edildikten sonra 10 dakika çalkalanıp ve 4000 devir ile santrifüj edilmiştir. Eriyikten 20 ml alıp erlenmayerlere konulmuş, üzerine 1 ml potasyum kromat indikatörü ilave edildikten sonra gümüş nitrat eriyiği ile titre edilmiştir. Klorun tamamı gümüş klorür halinde çökeldiğinde ve açık kahverengine dönüştüğünde titrasyona son verilmiştir. Cl konsantrasyonu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

Klor % = (N-B) /A x 100

N: Numune titrasyonunda kullanılan gümüş nitrat miktarı, ml

B: Blank titrasyonunda kullanılan gümüş nitrat miktarı, ml

A: Analiz için alınan bitki numunesi miktarı

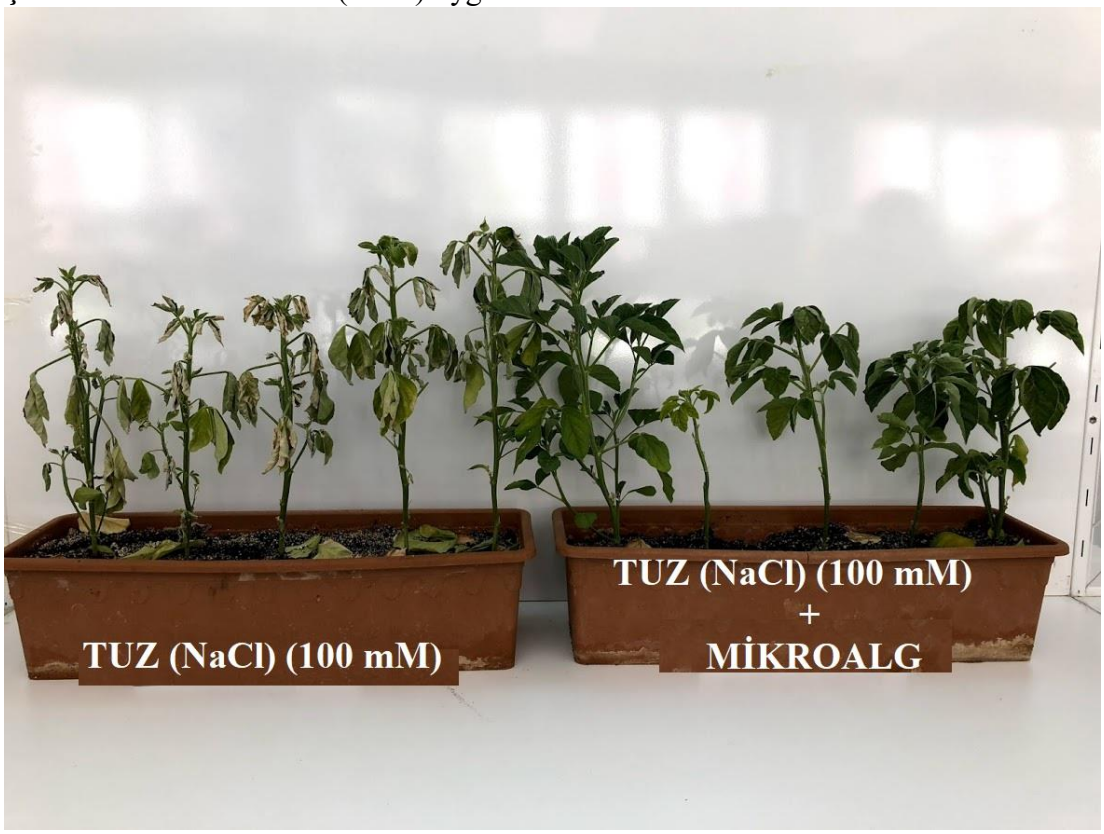




Şekil 3.12 Kontrol, tuz (NaCl) ve tuz (NaCl)+mikroalg uygulamaları



Şekil 3.13 Kontrol ve tuz (NaCl) uygulaması



Şekil 3.14 Tuz (NaCl) ve tuz (NaCl)+mikroalg uygulaması

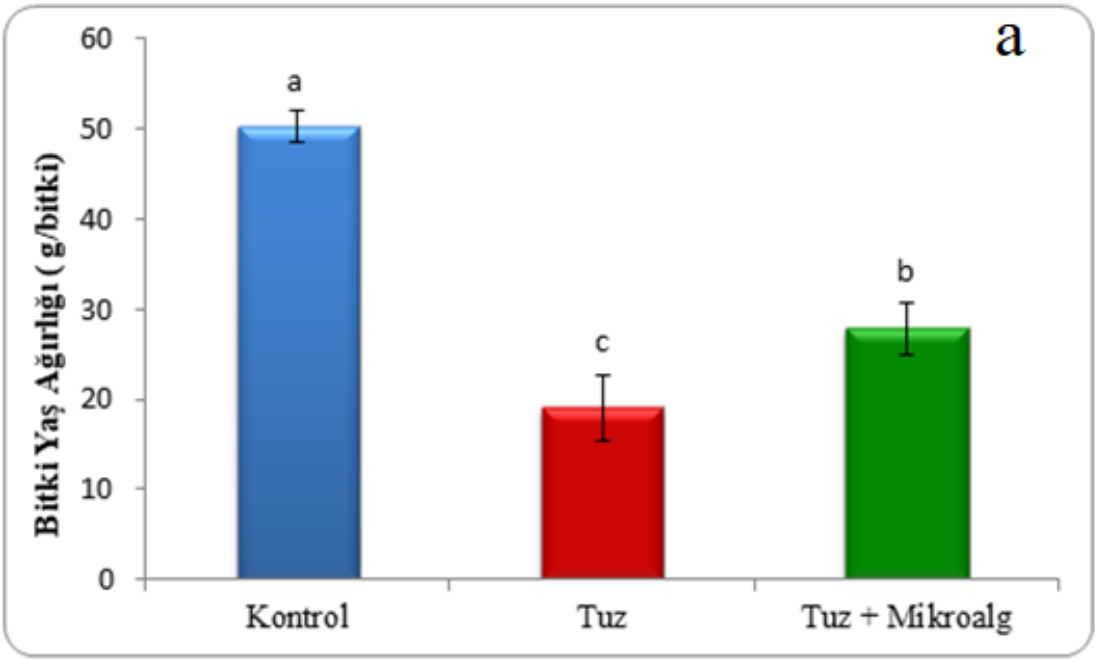
Verilerin değerlendirilmesi

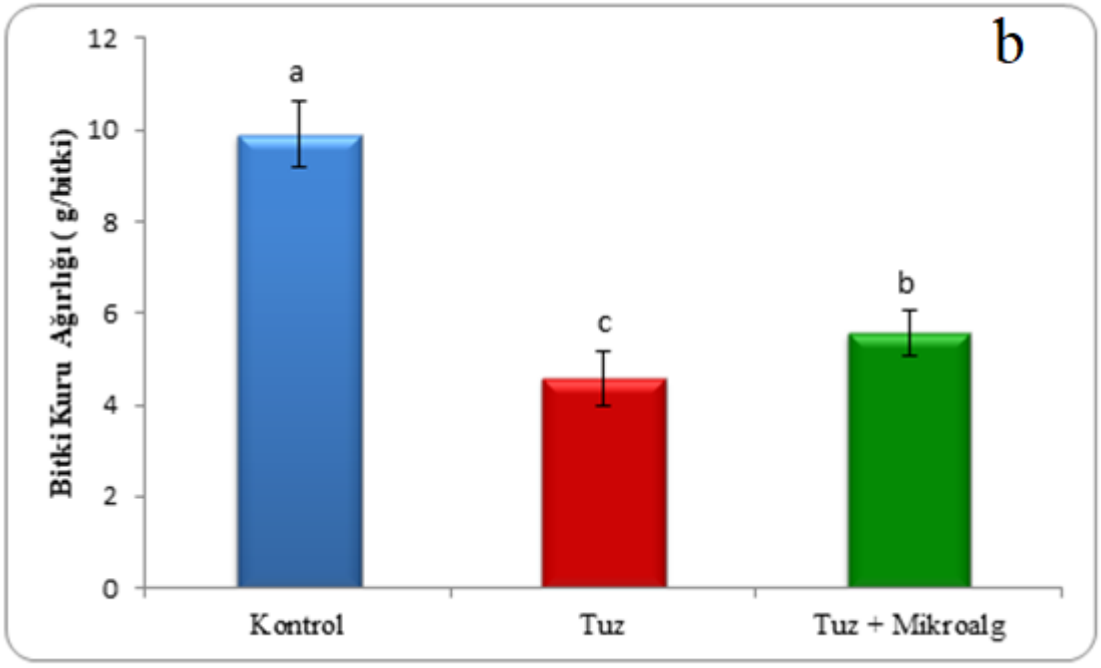
Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemelerden elde edilen sayısal değerler, varyans analizine tabi tutulup uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemlilik derecesi ortaya konulmuştur. Bunun için LSD çoklu karşılaştırma testi yapılıp farklılık dereceleri $p<0.05$ düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir. Yaprak oransal su içeriği ve membran zararlanma indeksine ait sonuçlar % değerler olarak hesaplandığından, bunların varyans analizinde açı transformasyonu uygulanarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığında Meydana Gelen Değişimler

Guarda tuz stresi koşullarında mikroalg uygulamasının bitki gelişimi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada bitki yaş ve kuru ağırlık değerleri belirlenmiş ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Tuz stresi bitki yaş ağırlığında kontrol bitkilerine oranla %62.22 ve bitki kuru ağırlığında %53.74 oranında azalmaya neden olmuştur. Ancak bu değişim 100 mM NaCl+mikroalg uygulamasında kontrol bitkilerine göre bitki yaş ağırlık değerleri bakımından %44.68 oranında, bitki kuru ağırlıkları bakımından %43.74 oranında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla, mikroalg uygulaması genel olarak tuz stresinin olumsuz etkisini azaltma yönünde bir değişim göstermiştir. Tuz stresi koşullarında mikroalg kullanımı ile mikroalg uygulanmayan ve sadece tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilere oranla bitki yaş ağırlığında %46.42, bitki kuru ağırlığı bakımından ise %21.62 oranlarında iyileşme meydana geldiği belirlenmiştir.

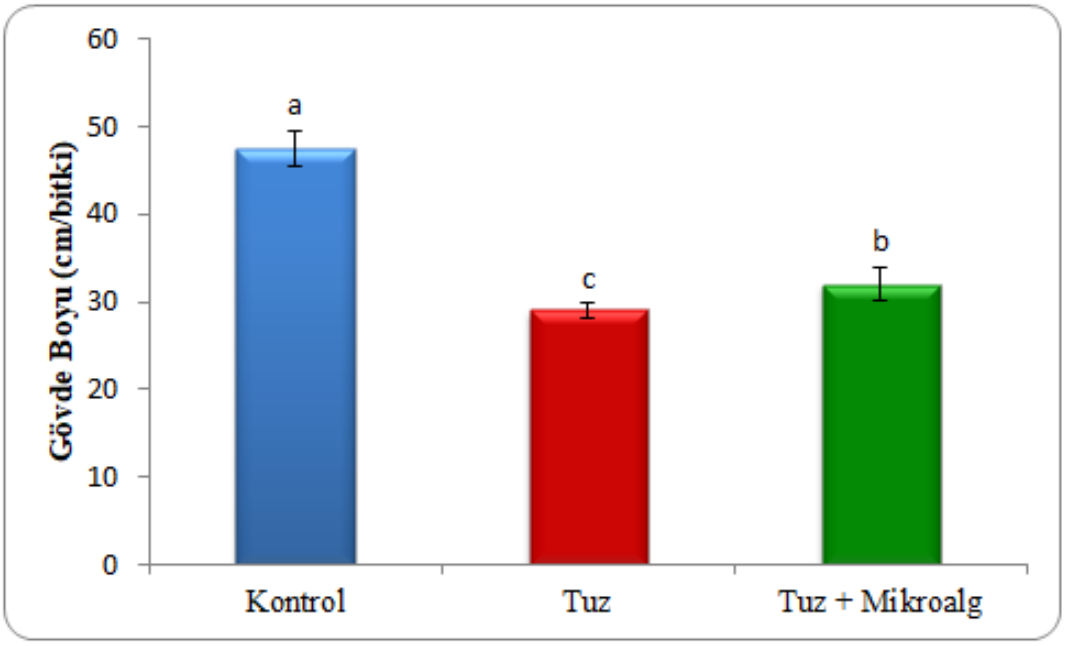




Şekil 4.1 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında bitki yaş (a) ve kuru ağırlığında (b) meydana gelen değişimler

4.2 Gövde Boyunda Meydana Gelen Değişimler

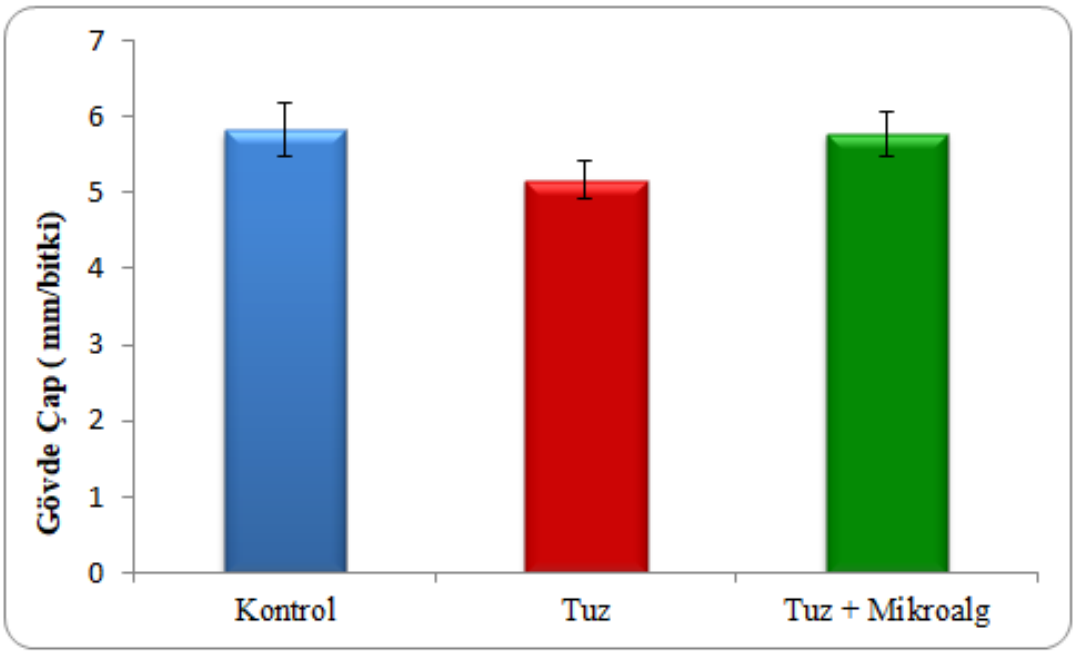
Kontrol, tuz stresi ve stres ile mikroalg uygulamalarının gövde boyunda meydana getirdiği değişimler incelenmiş ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Gövde boyu kontrol bitkilerinde 47.5 cm bitki^{-1} olarak bulunmuş, tuz stresi ile bu değer %38.95 oranında azalma ile 29 cm bitki^{-1} olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık tuz stresi ile birlikte mikroalg uygulamasında ise kontrol bitkilerine kıyasla %32.63 oranında azalma meydana gelmiş ve gövde boyu 32 cm bitki^{-1} olarak kaydedilmiş, tuz stresinin olumsuz etkisini %10.34 oranında azaltmıştır.



Şekil 4.2 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında gövde boyunda meydana gelen değişimler

4.3. Gövde Çapında Meydana Gelen Değişimler

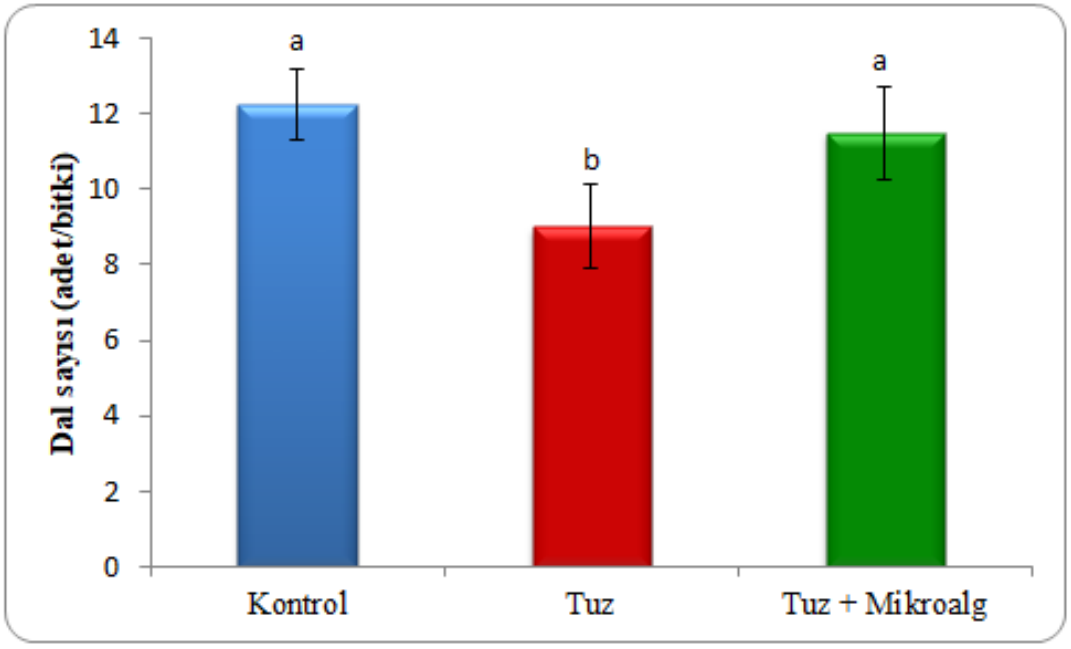
Tuz ve tuz stresi ile birlikte mikroalg uygulaması sonucu gövde çapında meydana gelen değişimler Şekil 4.3'te verilmiştir. Gövde çapında ortaya çıkan farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ancak genel olarak değerlendirildiğinde tuz stresinin gövde çapında %11.17 oranında azalmaya yol açtığı, stres koşullarında mikrolag kullanımı ile bu oranın %0.69 olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada gövde çapının mikroalg kullanımı ile %11.08 oranında artış gösterdiği saptanmıştır.



Şekil 4.3 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında gövde çapında meydana gelen değişimler

4.4 Dal Sayısında Meydana Gelen Değişimler

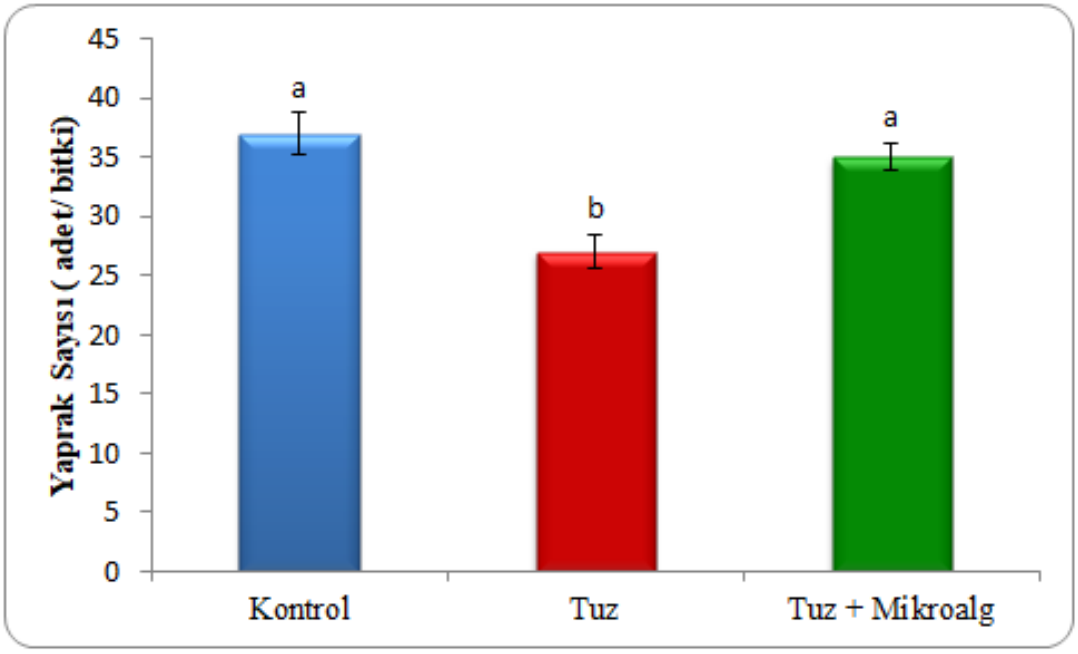
Guarda bitki gelişimi bakımından önemli bir kriter olan dal sayısı çalışmada yer almış olup, farklı uygulamalar karşısında ortaya çıkan değişimler Şekil 4.4'te verilmiştir. Çalışmada en yüksek dal sayısı kontrol bitkilerinde (12.25 cm bitki^{-1}) olarak saptanmış, 100 mM NaCl uygulaması ile bitki gelişimindeki azalmaya bağlı olarak dal sayısı da %26.53 oranında azalma göstererek 9 cm bitki^{-1} olarak belirlenmiştir. Tuz stresi ile birlikte mikrolag uygulaması karşında kontrol bitkilerine oranla meydana gelen azalma %6 olarak saptanmıştır (11.50 cm bitki^{-1}). Mikroalg uygulaması tuz stresi uygulaması ile karşılaştırıldığında ise %27.78 oranında bir iyileşme meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.4 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında dal sayısında meydana gelen değişimler

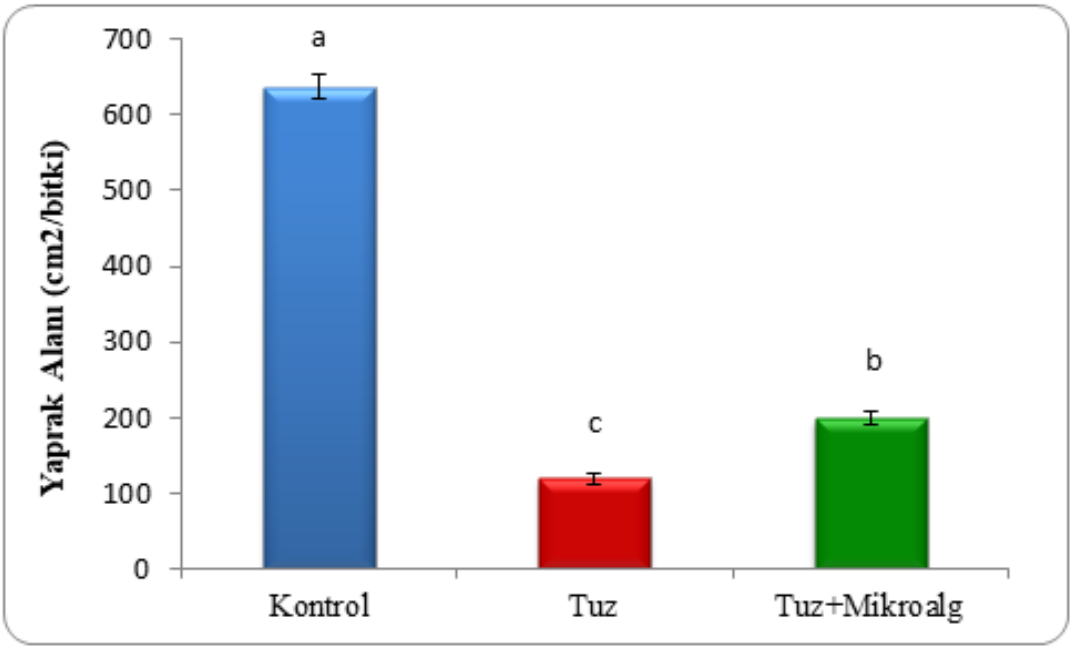
4.5 Yaprak Sayısı ve Yaprak Alanında Meydana Gelen Değişimler

Kontrol, tuz ve tuz+mikroalg uygulamalarının gurada yaprak sayısı ve yaprak alanı bakımından ortaya koyduğu değişimler incelenmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Şekil 4.5). Yaprak sayısı kontrol bitkilerinde 37 cm bitki^{-1} olarak belirlenmiştir. Tuz uygulaması yaprak sayısında azalmaya neden olmuş, bu değişim %27.03 (27 cm bitki^{-1}) olarak tespit edilmiştir. Mikroalg uygulaması ortaya çıkan bu değişimi sınırlandırmıştır. Kontrol bitkilerine oranla %5.41 azalma (35 cm bitki^{-1}) meydana gelmiş, bitkiler mikroalg uygulanmayan tuz ortamı ile karşılaştırıldığında %29.63 oranında daha yüksek bir gelişim göstermişlerdir.



Şekil 4.5 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında yaprak sayısında meydana gelen değişimler

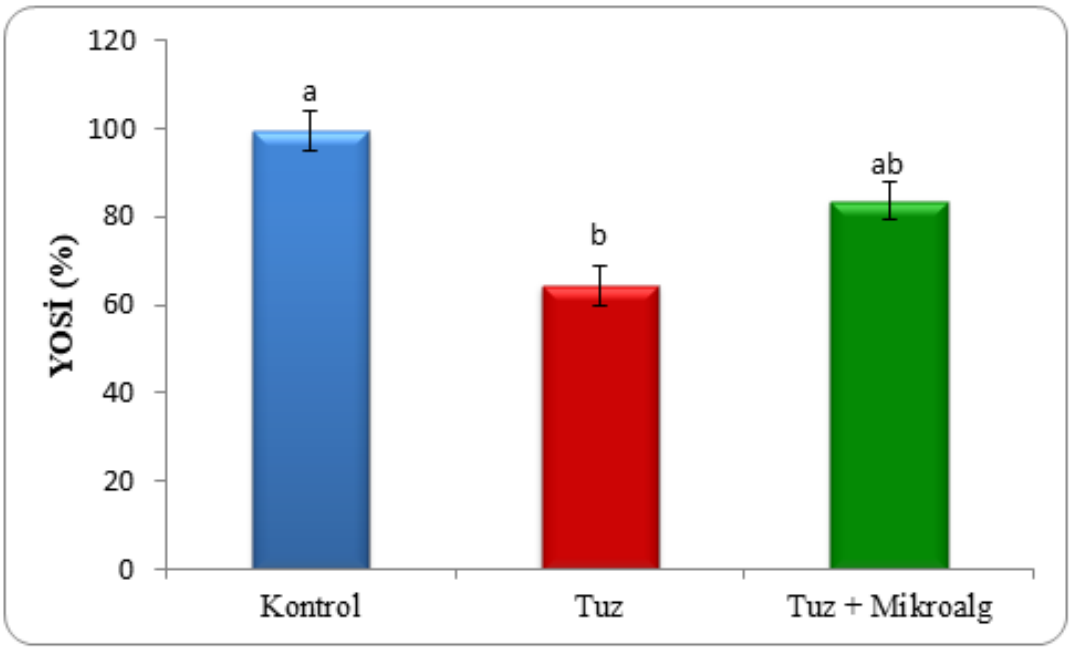
Yaprak sayısında olduğu gibi yaprak alanı da tuz uygulamasına bağlı olarak azalma göstermiştir (Şekil 4.6) Bu azalma %81.24 olarak tespit edilmiş, tuz stresi koşullarında mikroalg uygulaması ile birlikte yaprak alanında meydana gelen azalma %68.71 düzeyinde tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak mikroalg uygulaması, sadece tuz stresine maruz bırakılan bitkilere oranla %29.63 oranında etkili bulunmuştur.



Şekil 4.6 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında yaprak alanında meydana gelen değişimler

4.6 Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ)'nde Meydana Gelen Değişimler

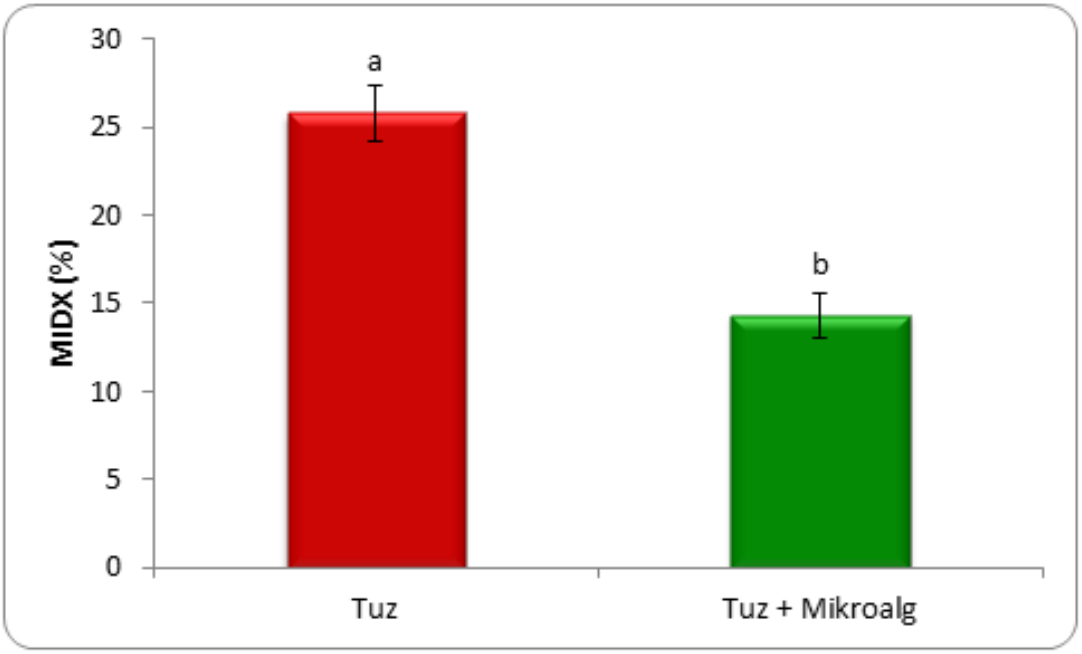
Stres koşullarında yaprak oransal su içeriği (YOSİ) bakımından meydana gelen değişimler incelenmiş ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Kontrol bitkileri %99.27 ile en yüksek YOSİ değerine sahip olan bitkiler olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte YOSİ değerleri tuz stresi ile birlikte azalma göstermiş ve bu azalma tuz stresi ile tuz stresi+mikroalg uygulamaları arasında istatistiksel olarak da farklılıklar göstermiştir. Tuz stresi uygulamasında YOSİ değeri %64.50 iken, mikroalg uygulaması bu değerin %83.60 oranına ulaşmasını sağlamıştır.



Şekil 4.7 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında yaprak oransal su içeriğinde (YOSİ) meydana gelen değişimler

4.7 Membran Zararlanma İndeksinde (MZİ) Meydana Gelen Değişimler

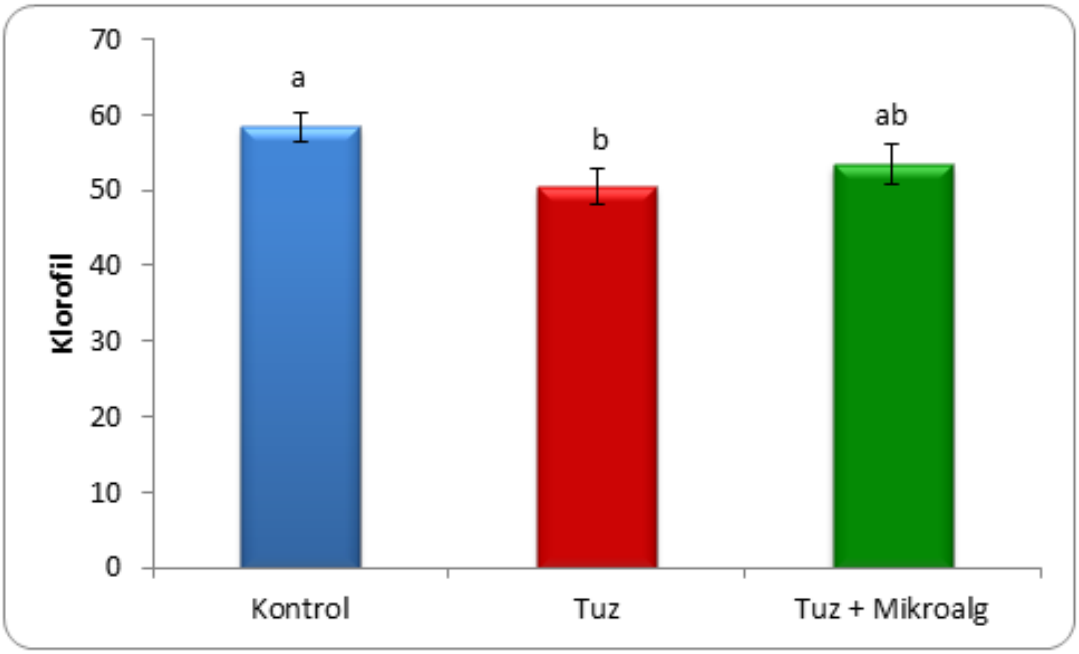
Stres sonucu hücre membranlarında meydana gelen zararlanmanın bir göstergesi olan membran zararlanma indeksi incelenmiş ve elde edilen bulgular Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Stres tüm bitkilerde değişen oranlarda MZİ değerinde artışa neden olmuştur. Bu oranlar tuz stresinde %25.76, tuz+mikroalg uygulamasında ise %14.33 olarak belirlenmiştir. Stres koşullarında mikroalg uygulaması membranlarda ortaya çıkan zararlanmayı %44 oranında azaltmayı başarabilmiştir.



Şekil 4.8 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında membran zararlanma indekisinde (MZİ) meydana gelen değişimler

4.8 Klorofil Miktarında (SPAD) Meydana Gelen Değişimler

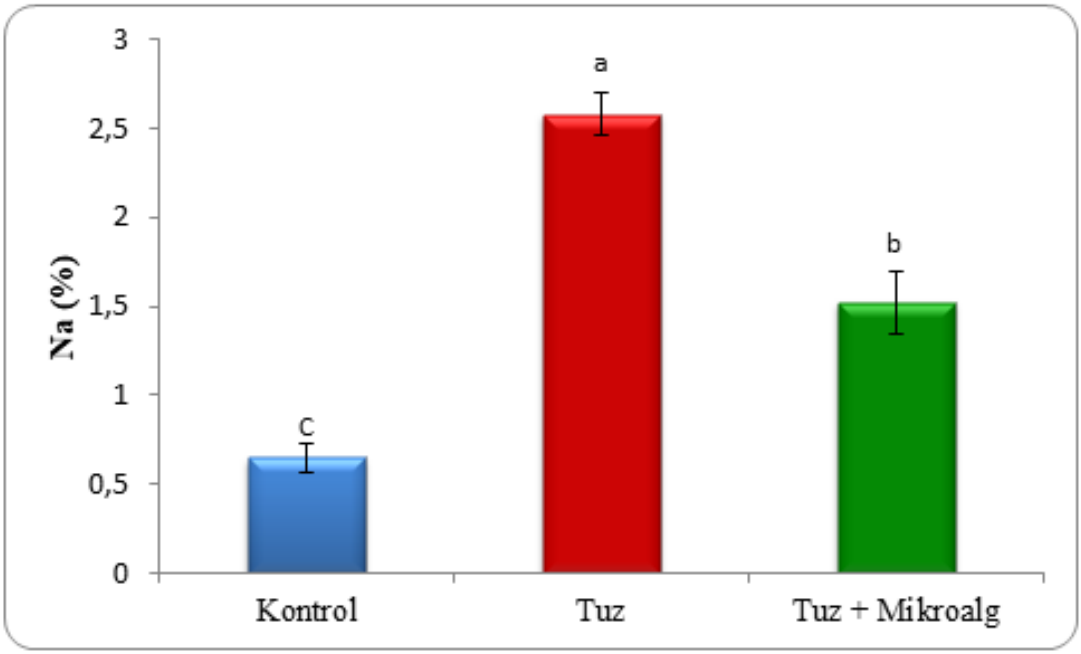
Stres koşullarında klorofil miktarında meydana gelen değişimler incelenmiş ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Klorofil içeriği en yüksek kontrol (58.46) bitkilerinde tespit edilmiştir. Stres koşullarında klorofil içeriğinde azalmaya neden olmuş, bu değişim en fazla 100 mM NaCl uygulamasında (50.40) görülmüştür. Tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamasında ise bu değer 53.39 olmuştur. Uygulamalar kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında tuz uygulamasında %13.79 düzeyinde bir azalma meydana gelirken, tuz+ mikroalg uygulamasında ortaya çıkan değişim %8.67 düzeyinde kaydedilmiştir.



Şekil 4.9 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında klorofil içeriğinde (SPAD) meydana gelen değişimler

4.9 Sodyum (Na^+) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

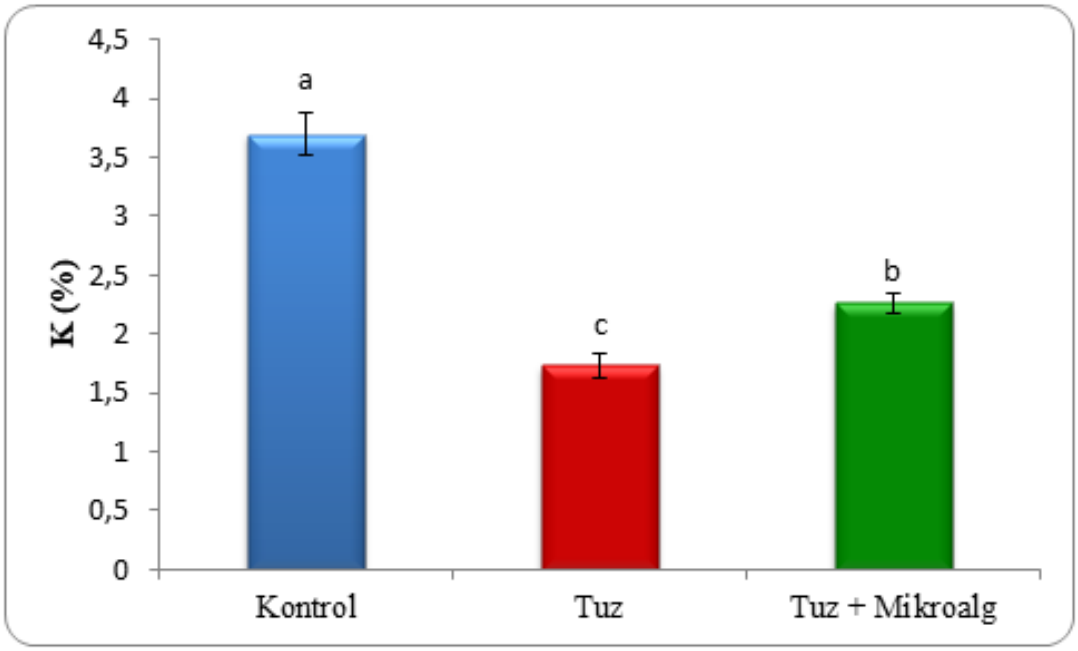
Kontrol, tuz ve tuz+mikroalg uygulamalarının yer aldığı çalışmada Na^+ iyon içeriği bakımından meydana gelen değişimler Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Buna göre en yüksek Na^+ içeriği 100 mM NaCl uygulamasında (%2.58) belirlenmiştir. Bu uygulamayı %1.52 ile tuz+mikroalg uygulaması izlemiştir. En düşük Na^+ içeriği kontrol bitkilerinde (%0.65) belirlenmiştir. Stres uygulamalarının kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında tuz uygulamasında Na^+ içeriği %296.92 düzeyinde artış göstermiş, bu oran tuz+mikroalg uygulamasında %133.85 olarak tespit edilmiştir. Mikroalg uygulaması tuz stresi koşullarında, mikrolag uygulanmayan bitkilere oranla toksik Na^+ iyon birikimini %41.09 oranında azaltmıştır.



Şekil 4.10 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Sodyum (Na^+) içeriğinde meydana gelen değişimler

4.10 Potasyum (K^+) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

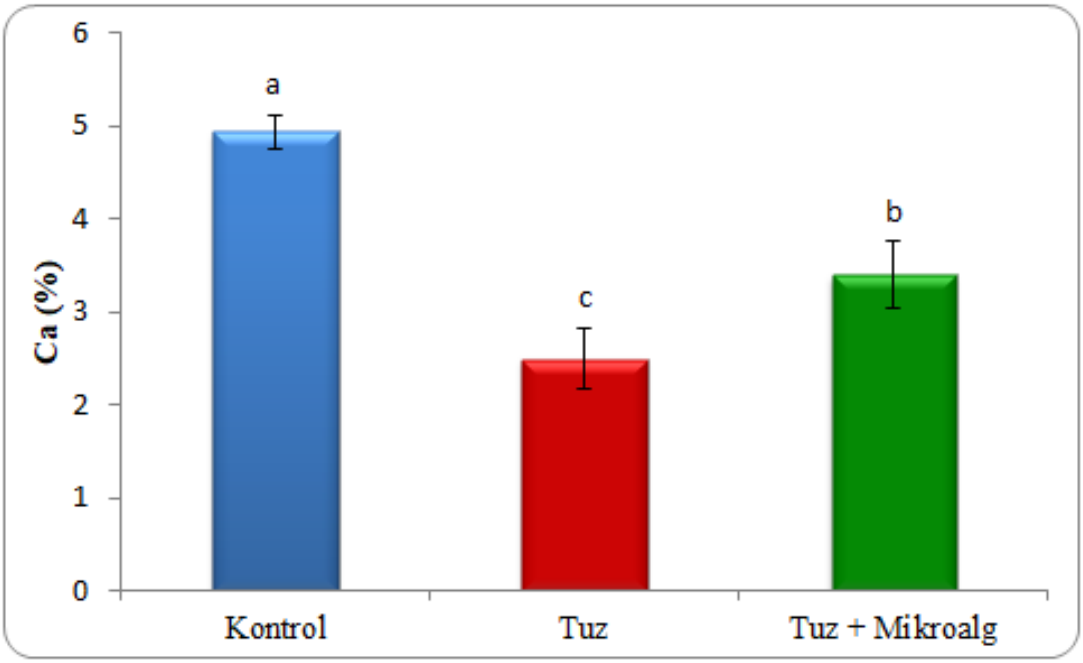
Guarda farklı uygulamaların K^+ içeriğinde meydana getirdiği değişimler incelenmiş ve Şekil 4.11'de verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere en yüksek K^+ içeriği kontrol bitkilerinde %3.69 olarak belirlenmiştir. Stres uygulamaları K^+ içeriğinde azalmaya neden olmuş ancak bu azalma sadece 100 mM NaCl ve 100 mM NaCl ile birlikte mikroalg uygulaması arasında farklılıklar göstermiştir. Potasyum içeriği tuz stresi koşullarında kontrol bitkilerine oranla %53.12 düzeyinde azalmış ve %1.73 olarak belirlenmiştir. Ancak tuz stresi ile birlikte mikroalg uygulamasında K^+ içeriği kontrol bitkilerine oranla %38.75 oranda azalma göstermiş ve %2.26 olarak belirlenmiştir. Çalışmada mikroalg uygulaması sadece NaCl uygulamasına oranla %30.64 düzeyinde K^+ iyon kaybının önüne geçmiştir.



Şekil 4.11 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Potasyum (K^+) içeriğinde meydana gelen değişimler

4.11 Kalsiyum (Ca^{++}) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

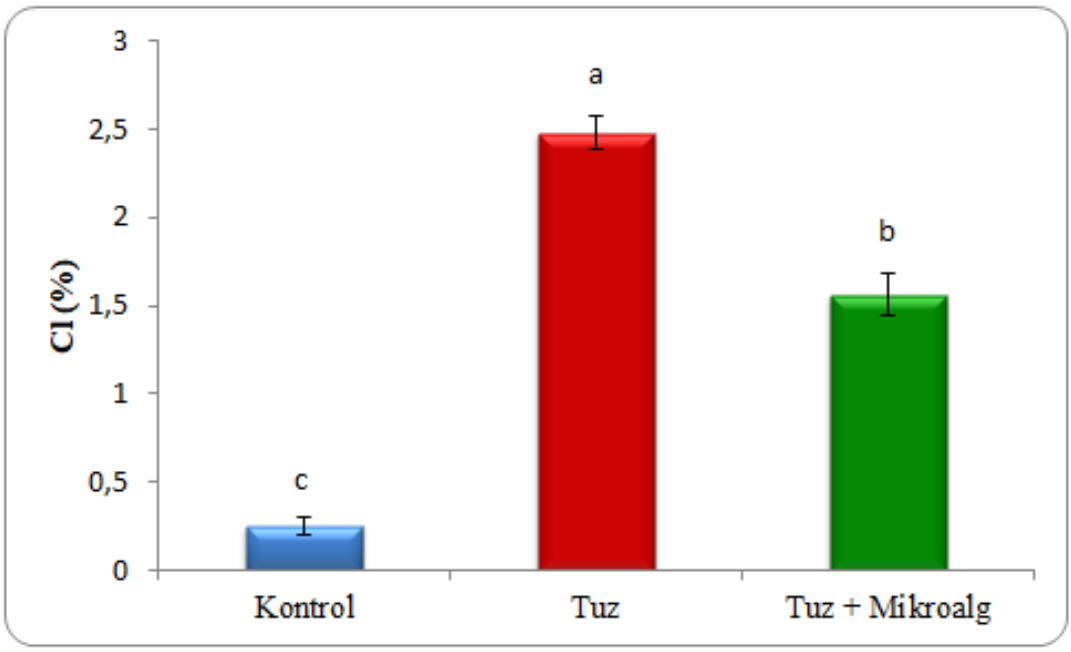
Farklı uygulamalar sonucu Ca^{++} iyon konsantrasyonunda meydana gelen değişimler incelenmiş ve istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (Şekil 4.12). Kalsiyum içeriği en yüksek kontrol bitkilerinde (%4.93) belirlenirken; bu uygulamayı %3.39 ile tuz+ mikroalg uygulaması izlemiştir. En düşük Ca^{++} içeriği tuz stresi koşullarında (%2.49) ortaya çıkmıştır. Belirlenen değişimin daha net görülebilmesi için değerler kontrol bitkileri ile karşılaştırılmıştır. Tuz stresi koşullarında Ca^{++} içeriği kontrol bitkilerine oranla %49.49 oranında azalma göstermiş; tuz stresi ile birlikte mikroalg uygulaması karşında bu oran %31.24 düzeyine gerilemiştir. Mikroalg uygulaması bitki bünyesinde Ca^{++} iyonun %36.14 düzeyinde tutulmasına katkı sağlamıştır.



Şekil 4.12 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Kalsiyum (Ca^{++}) içeriğinde meydana gelen değişimler

4.12. Klor (Cl^-) İyon İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Guarda klor iyon içerikleri bakımından meydana gelen değişimler incelenmiş ve Şekil 4.13'te verilmiştir. Tuz stresinin yer aldığı her iki uygulamada da Cl^- iyon konsantrasyonunda artış meydana gelmiştir. En düşük Cl^- iyon içeriğinin kontrol bitkilerinde tespit edildiği çalışmada (%0.25), 100 mM NaCl uygulamasında kontrol bitkilerine oranla %892 oranında artış meydana gelmiş ve %2.48 düzeyine çıkmıştır. Buna karşılık tuz stresi koşulları ile birlikte mikroalg uygulaması karşında Cl^- iyon içeriği kontrol bitkilerine oranla %524 oranında bir artış sergilemiş ve %1.56 düzeyinde kalmıştır. Tuz stresi koşullarında Cl^- iyon artışı mikroalg uygulaması ile %37.10 düzeyinde sınırlandırılabilmiştir.



Şekil 4.13 Kontrol, tuz (100 mM NaCl) ve tuz (100 mM NaCl)+mikroalg uygulamalarında Klor (Cl^-) içeriğinde meydana gelen değişimler

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitkilerin geliştiği ortamın tuzlu olması; düşük ozmotik potansiyel, spesifik iyon toksitesi ve beslenme dengesizliği gibi nedenlerle birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Tüm bu faktörler bitkiyi fizyolojik ve biyokimyasal seviyelerde etkilemekte, bitki gelişiminde olumsuzluklara yol açmaktadır. Bitkilerin tuz stresine toleransı, iklim koşullarına, topraktaki nemlilik oranına, tuzun cinsi ile ortamda bulunan diğer tuz çeşitlerine, bitki tür ve hatta aynı tür içerisinde yer alan çeşit ve genotiplere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Guarda gerçekleştirilen bu çalışmada, 100 mM NaCl uygulaması bitkilerde yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıklarında %62 ve %53 oranında azalmaya neden olmuştur. Bitkilerde NaCl konsantrasyonlarına bağlı olarak yaprak kuru ağırlığında meydana gelen azalma, tuzun bitkilerde yaratmış olduğu ozmotik strese bağlı olarak ortaya çıkan ozmotik dehidrasyondan veya transpirasyondaki artıştan dolayı olabileceği ifade edilmektedir. Ozmotik dehidrasyonun meydana gelmesi, hücrenin su ve ozmotik potansiyelini düşürmekte, hücre hacminin ve genişleme oranının azalmasına neden olmaktadır. Artan transpirasyon sonucunda ise; bitkinin sürgün ve yapraklarında meydana gelen kurumalar ağırlık kaybına neden olmaktadır (Levitt 1980). Penalla *et al.* (2016) bitki büyüme ve gelişmesindeki asıl faktörün fotosentetik kapasite olduğunu vurgulamıştır. Bununla birlikte Baath *et al.* (2017) ise biberde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalma meydana geldiğini, bu etkinin çeşitler arasında farklılık oluşturabileceğini bildirmiştir. Tuz stresi uygulanan guar bitkilerinde gövde boyu ve çapı bakımından da kontrol bitkilerine oranla %39 ve %11 düzeyinde azalma tespit edilmiştir. Tuz stresi iyon toksisitesi ve su eksikliği nedeniyle bitki büyüme ve gelişmesinde de değişimlere ve azalmalara neden olmaktadır. Tuz ve kuraklık stresleri fotosentez gibi metabolik ve biyokimysal olaylarda aksamalara neden olurken, bitki gelişiminde olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Tuzluluk, hücre vakuolasyonun artması nedeniyle gövde apikal meristem yapısındaki bozulma ile meristem boyutunda küçülmeyi meydana

getirmektedir. Bunun sonucu olarak tuz stresi koşullarında meristem boyutu azalırken, hassas genotipler bu etkiden daha fazla etkilenmektedir (Mahmoodzadeh *et al*. 2007). Sadak (2018) kuraklık koşullarının bitkilerde hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltarak bitki gelişimini olumsuz yönde engellediğini, stres durumunda turgor basıncının azalması ve transpirasyonun olumsuz etkilenmesi sonucu mineral madde alımını da olumsuz yönde etkilediğini ifade etmiş, ortaya çıkan bu olumsuzlukların bitki bünyesinde büyüme ve gelişmede azalmaya neden olabildiğini bildirmiştir. Mikroalg uygulaması büyüme parametreleri bakımından istatistiksel olarak da önemli farklılıklar ortaya koymuştur. Yaş ve kuru ağırlık değerlerinde, tuz stresi koşullarına göre %46 ve %21 oranında iyileşme saptanırken, gövde boyu ve çapı bakımından bu iyileşme %10 ve %11 olarak tespit edilmiştir. Abd El Moniem and Abd-Allah (2009) asmada gerçekleştirdikleri çalışmalarında, mikroalg kullanımı ile bitki büyüme parametrelerinde artış sağlandığını ifade ederken, Sharara *et al*. (2016) mikroalg uygulamasının bitki besin elementlerinin alımı ile bitki hormonlarında artış sağlayarak doğrudan yada yararlı mikroorganizmalar arasındaki dengenin oluşturulması ile dolaylı olarak katkı sağlayarak bitki büyüme ve gelişmesinde pozitif etki ortaya koyabileceğini vurgulamıştır.

Tuz stresi karşısında NaCl'nin neden olduğu toksisite ve su potansiyelinde meydana gelen azalma, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyelinin düşmesine ve bitki gelişiminde azalmaya neden olmaktadır. Özellikle stomaların kapanması bitkinin fotosentez hızının azalmasına ve ilerleyen dönemlerde bitkinin ölümüne yol açmaktadır. Bu değişim süreci içerisinde tuz stresine en duyarlı olan bitki organlarının yapraklar olduğu düşünülmektedir (Kuşvuran 2010). Guarda tuz stresi; dal sayısı, yaprak sayısı ve yaprak alanı değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Kontrol bitkileri ile karşılaştırıldıklarında bu azalma %26-81 oranında değişim göstermiştir. Mikroalg uygulaması incelenen bu parametreler üzerinde olumlu etkiye sahip olmuştur. Genel olarak tuz stresi ile karşılaştırılan bitkilerde, mikrolag uygulaması %27-66 oranında dal sayısı, yaprak sayısı ve yaprak alanında artış sağlanmıştır. Tarraf *et al*. (2015) çemenotu bitkisinde gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında dışsal mikroalg uygulaması sonucu bitki boyu, yaprak sayısı, dal sayısı ile bitki yaş ve kuru ağırlıklarında artış sağlandığını bildirmiştir. Plaza *et al.* (2018) birçok mikroalg türünün oksin, sitokinin, giberalinler,

absisik asit ve salisilik asit gibi bitki büyüme düzenleyiciler içerdiğini, mikroalg uygulamaları ile birlikte bu maddelerin bitki büyüme ve gelişmesine katkı sağlandığını ifade etmiştir.

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ), pek çok bitkide strese toleransın belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametre olarak yer almaktadır (Nxele *et al*. 2017). Tuz stresi ya da kuraklık stresi gibi su eksikliğinin görüldüğü stres koşullarında, ortamda yeterli suyun olmaması veya tuz stresinde olduğu gibi toksik iyon etkisine bağlı olarak yaprak ve köklerde su potansiyelinde azalma ortaya çıkmaktadır (Acosta-Motos *et al*. 2017). Munns (2005) tuz stresinin, bitkinin su alımını engelleyerek, ozmotik etki nedeniyle bitki gelişiminin azalmasına, iyon toksisitesi nediyle de yapraklarda su taşınımını sağlayan hücrelerde zararlanmalara neden olduğunu ifade etmiştir. Guarda 100 mM NaCl uygulamasına bağlı olarak ortaya çıkan tuz stresi, bitkilerde YOSİ değerlerinin %35 oranında azalmasına yol açarken, mikroalg uygulaması karşısında bu değer %15 düzeyinde kalmıştır. Ghars *et al.* (2008) ise, *Arabidopsis thaliana* ve *Thellungiella halophila* bitkilerinde Na^+ iyonunun bitki gelişimini olumsuz etkilediğini ve yaprak su içeriğinin artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir. Goreta *et al.* (2008), karpuzda tuz stresinin bitki gelişimini olumsuz etkilemesi yanında yaprak su içeriğinin de azaldığını ifade etmişlerdir. Bunların yanı sıra Borowitza (1999), mavi-yeşil mikroalg türlerinin toprak yapısını düzelterek bitki köklerinin su alım etkinliğini artırdığını ifade etmektedir.

Stres karşısında hücre membranlarında meydana gelen zararlanma ortama iyonların sızmasına neden olmaktadır. Guar bitkilerinde membran zararlanma indeksi (MZİ) tuz stresi ile birlikte artış göstermiştir. Ancak bu artış mikroalg uygulaması ile birlikte %44 oranında azalmıştır. Mikroalglerin sahip oldukları yüksek protein içeriği, hücre büyüme ve gelişmede önemli avantaj sağlamakta olumsuz stres koşullarında hücre koruma ve onarımı, kimyasal sinyal, hücresel aktivitelerin düzenlenmesi ve yine stres koşulları altında savunma mekanizmalarının da aktif duruma geçmesine imkân tanımaktadır (Solomon 1999, Koru vd. 2005, Özdemir 2014).

Klorofil içeriğinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen Spad ölçümleri, en yüksek değerlerin kontrol bitkilerinde olduğunu, tuz stresi karşısında Spad değerlerinde de beli oranda azalma (%14) meydana geldiğini göstermiştir. Klorofil içeriğindeki azalmanın klorofil degradasyonundaki artma veya klorofil sentezindeki azalmadan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Santos 2004). Klorofil içeriğindeki azalmanın tuzun membran kararlılığı üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklanabileceği vurgulanmaktadır. Nitekim hıyar (Khan *et al*. 2013), ayçiçeği (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh-Mahootchi 2015) ve buğday (Shah *et al*. 2017) gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında klorofil içeriğinde tuz stresi ile birlikte azalma meydana geldiğini bildirmişleridir. Dineshkumar *et al*. (2018) mikrolag gibi biyogübrelerin kullanımı bitkilerin klorofil içeriği için önemli olan N, P ve K alımının artış göstererek bitkilerde ile bitkilerde klorofil içeriğinin de arttığını ifade etmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada mikrolag uygulaması karşısında klorofil içeriğinde ortaya çıkan azalma kontrol bitkilerine oranla %8 bulunurken, tuz stresi ile karşılaştırıldığında %6 oranında artış sağlandığı tespit edilmiştir.

Tuz stresi bitkilerde Na^+ ve Cl^- iyonlarında artışa neden olmuştur. Bitkilerde tuz stresinin olumsuz etkilerinin ortaya çıkmasında en önemli faktörlerden biri spesifik iyon toksitesi olarak değerlendirilmektedir. Özellikle tek değerli katyonların (Na^+, K^+) konsantrasyonunda meydana gelen artış, iyon taşınım dengesini değiştirerek hücre geçirgenliğinin bozulmasına ve hücrenin zararlanmasına neden olmaktadır (Levitt 1980). Na miktarında meydana gelen artışın, genellikle ozmotik regülasyonu ve besin dengesini bozarak spesifik iyon toksisitesine girdiği, iyonik çaplarının ve elektriksel yüklerinin benzerliği nedeniyle K^+ iyonu ile rekabete girerek bu iyonun alımını da engellediğini bildirmiştir. Guarda gerçekleştirilen bu çalışmada, 100 mM NaCl uygulması, Na^+ iyon birikiminde %296; Cl^- iyon birikiminde ise %892 oranında artışa yol açmıştır. Buna karşılık K^+ (%53 azalma) ve Ca^{++} (%50 azama) iyon konsantrasyonunda azalma ortaya çıkmıştır. Lima *et al*. (2018) bu durumun özellikle tuz stresi koşullarında sitoplazmadaki K^+ içeriğindeki azalmanın, kök plasma membranlerındaki depolarizasyon ve reaktif oksijen türevlerinin K^+ iyonunun hücre dışına sızmasına neden olacak kanalları aktive etmesine bağlı olabileceğini

vurgulamıştır. Kıran vd. (2015) ise NaCl'nin bitkinin kalsiyum alımını ve taşınımını azalttığını, kalsiyum yetersizliği ve bitkide iyon dengesizliğine neden olduğunu, patlıcanda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında da benzer şekilde tuz stresi koşullarında Ca^{++} iyon içeriğinde kontrol bitkilerine oranla azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. Mikroalg uygulaması ile toksik iyon birikimini %37-41 düzeyinde sınırlanırken; K^{+} ve Ca^{++} iyon birikimi %30-36 oranında artış göstermiştir. Mikroalg türlerinin en önemli özellikleri arasında bitkide kuvvetli kök gelişimini sağlayarak bitkinin ortamdan daha fazla besin maddesi ve su almasına olanak sağlamasıdır. Bunun yanı sıra bitkide klorofil oluşumunu hızlandırmakta böylece fotosentez miktarında da artış sağlanmakta, böylece bitki bünyesinde daha fazla karbonhidrat, protein gibi maddelerin sentezlenmektedir. Sentezlenen bu maddeler bitkilerin olumsuz çevre koşullarına toleransını da artırmaktadır. Yine mikroalgler, toprakta bitki tarafından alınamayan özellikle makro elementleri şelat formuna sokarak bitkinin en yüksek oranda almasını ve bunların bitkide dengeli hale gelmesine; makro ve mikro besin elementlerinin topraktan dengeli olarak ve uzun süreli alınmasını sağlayarak verimin ve ürün kalitesinin artmasına katkıda bulunmaktadır (Zenova *et al*. 1995, Önalan 2011). Buğdayda gerçekleştirilen bir çalışmada, Na^{+} alımının sınırlandırılması böylece osmotik regülasyonun sağlanmasında mikroalglerin sahip oldukları antioksidant içeriklerinin etkili olduğu bildirilmiştir (El-Baky *et al*. 2008).

Çalışma sonucunda ;

1. Tuz stresi koşullarında mikroalg uygulamasının bitki büyüme parametreleri bakımından tuzun zararlı etkisini hafifletici rol oynadığı,
2. Tuz stresinin etkili olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda gerçekleştirilecek olan guar yetiştiriciliğinde, mikroalg kullanımının, stresin olumsuz etkilerinin hafifletilmesi açısından etkili olabileceği,
3. Çalışmanın arazi koşullarında verime yönelik yapılarak mikroalg kullanımının etkinliğinin ayrıntılı olarak incelenmesi gerektiği,
4. Biyogübre olarak mikroalg kullanımının sürdürülebilir tarım açısından çevreci, doğayı koruyan ve kimyasal gübre kullanımı nedeniyle ortaya çıkan

olumsuzlukları ortadan kaldırabilecek alternatif bir uygulama olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abd El-Baky, H.H., El Baz, F.K. and El-Baroty, G.S. 2009. Production of phenolic compounds from *Spirulina maxima* microalgae and its protective effects. African Journal of Biotechnology, 8(24), 7059-7067.

Acosta-Motos, J.R., Ortuño, M.F., Bernal-Vicente, A., Diaz-Vivancos, P., Sanchez-Blanco, M.J. and Hernandez, J.A. 2017. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. Agronomy, 7(1), 18.

Adesemoye, A.O. and Kloepper, J.W. 2009. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. Applied Microbiology and Biotechnology, 85(1), 1-12.

Ahmadi, A., Emam, Y. and Pessarakli, M. 2009. Response of Various Cultivars of Wheat and Maize to Salinity Stress. Journal of Food, Agriculture Environment, 7(1), 123-128.

Akçaman, N., Taş, İ. ve Coşkun, Y. 2017. Farklı sulama suyu tuzluluk seviyelerinin sakız fasulyesi (*Cyamopsis tetraganoloba*)'nin çimlenmesi üzerine etkileri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(2), 130-137.

Alshameri, A., Al-Qurainy, F., Khan, S., Nadeem, M., Gaafar, A.R., Alameri, A. and Ashraf, M. 2019. Morpho-physiological responses of guar [*Cyamopsıs tetragonoloba* (L.) Taub.] to multiple stresses of drought, heat and salınıty. Pakkistan Journal of Botany, 51(3), 817-822.

Ashraf, M.Y., Akhtar, K., Sarwar, G. and Ashraf, M. 2002. Evaluation of arid and semi-arid ecotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) for salinity (NaCl) tolerance. Journal of Arid Environments, 52(4), 473-482.

Aydöner, G. 2011. Sera topraksız domates yetiştiriciliğinde mikroalg (*Chlorella vulgaris*) kullanımının etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 89 s.

Baath, G.S., Shukla, M.K., Bosland, P.W., Steiner, R.L. and Walker, S.J. 2017. Irrigation water salinity influences at various growth stages of *Capsicum annuum*. Agricultural Water Management, 179, 246-253.

Bai, N.R., Christi, R.M. and Kala, T.C. 2011. Seaweed liquid fertilizer as an alternate source of chemical fertilizer in improving the yield of *Vigna radiata* L. Plant Archives, 11(2), 895-898.

Baran, A. ve Doğan, M. 2014. Tuz stresi uygulanan soyada (*Glycine max* L.) salisilik asidin fizyolojik etkisi. Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science, 18(1), 78-84.

Batırca, M., Alatürk, F. ve Gökkuş, A. 2017. Gübrelemenin sakız fasulyesinin C*yamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) ot ve tohum verimi ile kalite özelliklerine etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 20, 130-134.

Bewal, S., Purohit, J., Kumar, A., Khedasana, R. and Rama Rao, S. 2009. Cytogenetical investigations in colchicine-induced tetraploids of *Cyamopsis tetragonoloba* L. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 45(4), 143-154.

Blunden G., Whapham, C. and Jenkins, T. 1992. Seaweed extracts in agriculture andhorticulture: their origins, uses and modes of action. School of Pharmacy and Biomedical Science and School of Biological Sciences, University of Portsmouth, King Henry John Street, Portsmouth, Hampshire P01 202, U.K.

Bonilla, I., El-Hamdaouı, A. and Bolanos, L. 2004. Boron and calcium increase *Pisum sativum* seed germination and seedling development under salt stress. Plant Soil, 267(1-2), 97-107.

Borowitzka, M.A. 1999. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, and fermenters. In Progress in Industrial Microbiology, 35, 313-321.

Cebeci, G., Gökkuş, A. ve Alatürk, F. 2016. Farklı ekim sıklığının sakız fasülyesinde (*Cyamopsis tetragonobla* (L.) Taub.) ot verimi ve bazı verim özelliklerine etkisi. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, 30(1), 53-59.

Cha-um, S., Batin, C.B., Samphumphung, T. and Kidmanee, C. 2013. Physio-morphological changes of cowpea ('*Vigna unguiculata*'Walp.) and jack bean (*'Canavalia ensiformis'*(L.) DC.) in responses to soil salinity. Australian Journal of Crop Science, 7(13), 2128.

Chokshi, K., Pancha, I., Ghosh, A., and Mishra, S. 2017. Salinity induced oxidative stress alters the physiological responses and improves the biofuel potential of green microalgae *Acutodesmus dimorphus*. Bioresource Technology, 244, 1376-1383.

Da Silva, C.J., Fontes, E.P.B. and Modolo, L.V. 2017. Salinity-induced accumulation of endogenous H2S and NO is associated with modulation of the antioxidant and redox defense systems in *Nicotiana tabacum* L. cv. Havana. Plant Science, 256, 148-159.

Daşgan, H.Y. ve Abak, K. 1999. Topraksız kültür kavun yetiştiriciliğinde azot ve potasyum düzeyleri ile farklı substratların verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bildirileri Ankara, 310-314.

Daşgan, H.Y. and 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.

Deka, K.K., Das, M.R., Bora, P. and Mazumder, N. 2015. Effect of sowing dates and spacing on growth and yield of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) in subtropical climate of Assam, India. Indian Journal of Agricultural Research, 49(3), 250-254.

Deveci, M. ve Tuğrul, B. 2017. Ispanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 6, 89-98.

Dhingra, H.R. 2014. Effect of salinity stress on morpho-physiological, biochemical and yield characters of cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. Indian Journal of Plant Physiology, 19(4), 393-398.

Dineshkumar, R., Kumaravel, R., Gopalsamy, J., Sikder, M.N.A. and Sampathkumar, P. 2018. Microalgae as bio-fertilizers for rice growth and seed yield productivity. Waste and Biomass Valorization, 9(5), 793-800.

Dlugokecka, E. and Kacperska-Palacz, A. 1978. Re-examination of electrical conductivity method for estimation of drought injury. Biologia Plantarum (Prague), 20, 262–267.

El-Baky, H.H.A., Hussein, M.M. and El-Baroty, G.S. 2008. Algal extracts improve antioxidant defense abilities and salt tolerance of wheat plant irrigated with sea water. African Journal of Biochemistry Research, 2(7), 151-164.

Faheed, A.F. and Abd-El Fattah, Z. 2008. Effect of Chlorella vulgaris as biofertilizer on growth parameters and metabolic aspects of Lettuce plant. Journal of Agriculture and Social Science, 4(4), 165–169.

Fan, S. and Blake, T. 1994. Abscisic acid induced electrolyte leakage in woody species with contrasting ecological requirements. Physiologıa Plantarum, 90, 414-419.

Francois, L.E., Donovan, T.J. and Maas, E.V. 1990. Salinity effects on emergence, vegetative growth, and seed yield of guar. Agronomy Journal, 82(3), 587-592.

Ghars, M.A., Parre, E., Debez, A., Bordenave, M., Richard, L., Leport, L. and Abdelly, C. 2008. Comparative salt tolerance analysis between *Arabidopsis thaliana* and *Thellungiella halophila*, with special emphasis on K^+/Na^+ selectivity and proline accumulation. Journal of Plant Physiology, 165(6), 588-599.

Ghassemi-Golezani, K. and Hosseinzadeh-Mahootchi, A. 2015. Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. WALIA J, 31, 104-109.

Goreta, S., Bucevic-Popovic, V., Selak, G. V., Pavela-Vrancic, M. and Perica, S. 2008. Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. The Journal of Agricultural Science, 146(6), 695-704.

Gul, H., Rafiq, A. and Muhammad, H. 2015. Impact of exogenously applied ascorbic acid on growth, some biochemical constituents and ionic composition of guar (*Cymopsis tetragonoloba*) Subjected to salinity stress. Journal of Life Science, 3(1), 22-40.

Gulati, D., Dhingra, H.R., Sangwan, P., Pahuja, S.K. and Singh, S. 2016. Ethyl methane sulphonate (EMS) mediated changes in callus growth of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) raised under saline conditions. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 9(6), 909-916.

Güneş, A., Turan, M., Şahin, F. ve Haliloğlu, K. 2008. Organik Tarımda Biyogübrelerin Kullanımı. 5 s.

Hasanuzzaman, M., Hossain, M.A. and Fujita, M. 2011. Selenium-induced up-regulation of the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system reduces salinity-induced damage in rapeseed seedlings. Biological Trace Element Research, 143(3), 1704-1721.

Jensen, B. 1987. *Chlorella:* Gem of the Orient. Bernard Jensen, California, 221- 227.

Johnson, C.M. and Ulrich, A. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultural Experiment Station. Bull., 766.

Ju, I., Wj, B., Md, S., Ia, O. and Oj, E. 2018. A review: Biofertilizer-A key player in enhancing soil fertility and crop productivity. Journal of Microbiology and Biotechnology Reports, 2(2), 22-28.

Karaçal, İ. ve Tüfenkçi, Ş. 2010. Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi. Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Kongre, 257-268.

Khan, M.M., Al-Mas'oudi, R.S., Al-Said, F. and Khan, I. 2013. Salinity effects on growth, electrolyte leakage, chlorophyll content and lipid peroxidation in cucumber (*Cucumis sativus* L.). In International Conference on Food and Agricultural Sciences, 55(5), 28-32.

Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Özgün, Ö., Sönmez, K., Özbek, H. ve Ellialtıoğlu, Ş.Ş. 2015. Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi (TABAD) 8(1), 20-30.

Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F. ve Ellialtıoğlu, Ş. 2016. Tuza tolerant ve hassas patlıcan genotiplerinin kuraklık stresi koşullarında bazı morfolojik

özelliklerinde meydana gelen değişimler. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2), 130-138.
Kibria, M.G., Hossain, M., Murata, Y. and Hoque, M.A. 2017. Antioxidant defense mechanisms of salinity tolerance in rice genotypes. Rice Science, 24(3), 155-162.
Koru, E., Cirik, S., Turan, G., Tekoğul, H., Karacalar, U. ve Seyhaneyıldız, Ş. 2005. Bazı ekonomik alg türlerinin üretim teknolojilerinin geliştirilmesi. Üniversite- Sanayici İş Birliği Projesi, İzmir, 146s.
Kuşvuran, Ş. 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Mart, 2010, 355s.
Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Volume II. Water, radiation, salt, and other stresses (No. Ed. 2). Academic Press.
Lima, N.D.S., Silva, Ê.F.D., Menezes, D., Camara, T.R. and Willadino, L.G. 2018. Fruit yield and nutritional characteristics of sweet pepper grown under salt stress in hydroponic system. Revista Caatinga, 31(2), 297-305.
Mahmoodzadeh, H., Majd, A. and Lahouti, I.M. 2007. Effect of salinity stress on structure and ultrastructure of shoot apical meristem of canola (*Brassica napus* Cv. Symbol). Journal of Agronomy, 6(2), 366-369.
Meena, H.N., Bhaduri, D., Yadav, R.S., Jain, N.K. and Meena, M.D. 2017. Agronomic performance and nutrient accumulation behaviour in groundnut-cluster bean cropping system as influenced by irrigation water salinity. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 87(1), 31-37.
Moniem, E.A.A., Abd-Allah, A.S.E. and Ahmed, M.A. 2008. The combined effect of organic manures. Mineral fertilizers and algal cells extract on yield and fruit quality of williams banana plants. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 4(4), 417-426.
Munns, R. and Termaat, A. 1986. Whole- plant responses to salinity. Australian Journal Plant Physiology, 13, 143-160.
Munns, R. 2005. Genes and Salt Tolerance: Bringing Them Together. New Phytologist, 167, 645-663.
Nxele, X., Klein, A. and Ndimba, B.K. 2017. Drought and salinity stress alters ROS accumulation, water retention, and osmolyte content in sorghum plants. South African Journal of Botany, 108, 261-266.
Önalan, S.K. 2011. Organik silajlık mısır bitkisi (*Zea mays* L.)'nin metabolik özellikleri ve büyüme parametreleri üzerine gübre olarak *Chlorella vulgaris* kullanımının etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst, İzmir, 112s.
Özdemir, S. 2014. Sera organik domates yetiştiriciliğinde C*hlorella vulgaris* beyerinck [Beijerinck]'in biyogübre olarak kullanımının bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst, İzmir. 91s.
Paliwal, C., Mitra, M., Bhayani, K., Bharadwaj, S.V., Ghosh, T., Dubey, S. and Mishra, S. 2017. Abiotic stresses as tools for metabolites in microalgae. Bioresource Technology, 244, 1216-1226.
Penella, C., Landi, M., Guidi, L., Nebauer, S.G., Pellegrini, E., San Bautista, A., Remorini, D., Nali, C., Lopez Galarza, S. and Calatayud, A. 2016. Salt-tolerant rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance

of photosynthetic performance and sinks strength. Journal of Plant Physiology, 193, 1-11.

Phang, S.M. 1992. Role of algae in livestock-fish integrated farming system. (Editors , T.K. Mukherjee; P.S. Moi; J.M., Panandam And Y.S. Yang). Proceedings of The FAO/IPT Workshop on Integrated Livestock-Fish Production System; 16-20 Dec., 1991, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia., Pp 49-56.

Plaza, B.M., Gómez-Serrano, C., Acién-Fernández, F.G. and Jimenez-Becker, S. 2018. Effect of microalgae hydrolysate foliar application (*Arthrospira platensis* and *Scenedesmus* sp.) on *Petunia x hybrida* growth. Journal of Applied Phycology, 1-7.

Rahman, A., Nahar, K., Hasanuzzaman, M. and Fujita, M. 2016. Calcium supplementation improves Na^+/K^+ ratio, antioxidant defense and glyoxalase systems in salt-stressed rice seedlings. Frontiers in Plant Science, 7, 609.

Rai, D.K. 2015. Trends and economic dynamics of guar in India. Working Paper 311.

Rajput, V.D., Yaning, C., Ayup, M., Minkina, T., Sushkova, S. and Mandzhieva, S. 2017. Physiological and hydrological changes in *Populus euphratica* seedlings under salinity stress. Acta Ecologica Sinica, 37(4), 229-235.

Ramarajan, S., Beschi, A.R., Henry, J.L. and Saravana, G. 2013. Seed germination and biochemical changes in *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub (Var. Pusa Naubahar) under salt stress. India Research and Reviews:Journal of Crop Science and Technology.

Rao, P.H., Kumar, R.R., Subramanian, V.V. and Sivasubramanian, V. 2010. Environmental impact assessment of *Chlorella vulgaris* employed in phycoremediation of effluent from a leather-processing chemical industry. Journal of Algal Biomass Utilization, 1(2), 42-50.

Rasheed, M.J.Z., Ahmad, K., Ashraf, M., Al- Qurainy, F., Khan, S. and Athar, H.U.R. 2015. Screening of diverse local germplasm of guar [*Cyamopsıs tetragonoloba* (l.) taub.] for salt tolerance: a possıble approach to utılıze salt-affected soils. Pakistan Journal of Botany, 47(5), 1721-1726.

Sadak, A. 2018. Kuraklık stresi altındaki biber fidelerinde pgpr uygulamaların etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, s: 61.

Saeed, R., Shah, P., Mirbahar, A.A., Jahan, B., Ahmed, N., Azeem, M. and Ahmad, R. 2016. Tea [*Camellia sinensis* (L.) Kuntze] leaf compost ameliorates the adverse effects of salinity on growth of cluster beans (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). Pakistan Journal of Botany,, 48(2), 495-501.

Sanchez, F.J., Andres, E.F., TenorIo, J.L. and Ayerbe, L. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjectedto water stres. Field Crops Research, 86, 81-90.

Santos, C.V. 2004. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. Scientia Horticulturae, 103(1), 93-99.

Saruhan, V., Üzen, N., Eylen, M. ve Çetin, Ö., 2008. Toprak Tuzluluğunun Kültür Bitkilerine Etkileri ve Alınabilecek Somut Önlemler. İklim Değişikliği Sempozyumu, 13-14 Mart, Ankara.

Shabala, S. and Cuin, T.A. 2008. Potassium transport and plant salt tolerance. Physiologia Plantarum, 133(4), 651-669.

Shah, S., Houborg, R. and McCabe, M. 2017. Response of chlorophyll, carotenoid and SPAD-502 measurement to salinity and nutrient stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Agronomy, 7(3), 1-21.

Sharara, M.S. and El-Aal, H.A.A. 2016. Effect of some bio-fertilizers on growth, productivity, chemical composition and processing of cassava tubers. Alexandria Journal of Agricultural Sciences, 61(6), 529-539.

Sharma, P. and Gummagolmath, K.C. 2012. Reforming guar industry in India: Issues and strategies. Agricultural Economic Research Review, 25, 37-48.

Schroder, F.G. and Lieth, J.H. 2002. Irrigation control in hydroponics. In: Savvas D, Passam P (Eds) Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications. Athens, Greece, 263-269.

Sinha, R.K., Valani, D., Chauhan, K. and Agarwal, S. (2010) 'Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin', Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, 2(7), 113-128.

Sohrabi, S., Ebadi, A., Jalali, S. and Salami, S.A. 2017. Enhanced values of various physiological traits and VvNAC1 gene expression showing better salinity stress tolerance in some grapevine cultivars as well as rootstocks. Scientia Horticulturae, 225, 317-326.

Solomon, E.P., Berg, L.R. and Martin, D.W. 1999. Biology 5th ed. Fort Worth: Saunders Collage Publishing.

Sönmez, M. ve Yılmaz, E. 2016. Biyo–gübre uygulamalarının agregat oluşumu üzerindeki rolü. Mediterranean Agricultural Sciences, 29(3), 131-137.

Suraj, K., Raj, K. and Nehra, K.S. 2015. Changes in proline and total soluble sugar content of clusterbean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] genotypes under salinity. Annals of Biology, 31(2), 175-179.

Suthar, J. D., Rajpar, I. and Ganjegunte, G. K. 2018. Comparative study of early growth stages of 25 guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under elevated salinity. Industrial Crops and Products, 123, 164-172.

Tarraf, S.A., Talaat, I.M., El-Sayed, A.E. and Balbaa, L.K. 2015. Influence of foliar application of algae extract and amino acids mixture on fenugreek plants in sandy and clay soils. Amino Acids, 16, 19-58.

Teolis, I., Liu, W. and Peffley, E.B. 2009. Salinity effects on seed germination and plant growth of guar. Crop Science, 49(2), 637-642.

Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F. and 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.

Undersander, D.J., Putnam, D.H., Kaminski, A.R., Kelling, K.A., Doll, J.D., Oplinger, E.S. and Gunsolus, J.L. 1991. Guar. Alternative Field Crop Manual. University of Wisconsin Cooperative Extension Service, University of Minnesota Extension Service, Center for Alternative Plant and Animal Products.

Vishal, K.D. and Abhishek, C. 2014. Isolation and characterization of *Rhizobium leguminosarum* from root nodules of *Pisum sativum* L. Journal of Academic and Industrial Research, 2(8), 464-467.

Yıldız, D. 2016. Aşılamanın mini hıyarlarda tuz stresine etkileri Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı 82 s.

Zenova, G.M., Shtina, E.A., Dedysh, S.N., Glagoleva, O.B. Likhacheva, A.A. and Gracheva, T.A. 1995. Ecological Relations of Algae in Biocenoses, Mikrobiologia. 64, 121-133.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	: Ayşe Gül CAN
Doğum Yeri	: Isparta
Doğum Tarihi	: 10/02/1992
Medeni Hali	: Bekar
Yabancı Dili	: İngilizce
Adres	: Buğday Pazarı Mah. Elif Cad. No:29/10 Merkez/ÇANKIRI
Tel	: 0544 247 79 13
E-posta	: can.aysegul32@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise	: Isparta Gürkan Lisesi, 2010
Lisans	: Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2016
Yüksek Lisans	: Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım ve Yaşam Bilimleri Anabilim Dalı, 2019

Yayınları (SCI ve diğer)

1- Kusvuran, A., Can, A., Kaya, E. Kuşvuran, Ş., 2018. Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.)'da Mikroalg (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) Kullanımının Tuza Tolerans Üzerindeki Etkileri. II. International Scientific and Vocational Studies Congress, 5-7 July 2018, Ürgüp, Nevşehir, TURKEY.