

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

**PGPR İLE YAPILAN BİO-PRİMING UYGULAMASININ
TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN NOHUT (*Cicer arietinum* L.)
BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE ANTİOKSİDANT ENZİM AKTİVİTELERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Hilal AYHAN
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ

VAN-2016

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

**PGPR İLE YAPILAN BİO-PRİMİNG UYGULAMASININ
TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN NOHUT (*Cicer arietinum* L.)
BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE ANTİOKSİDANT ENZİM AKTİVİTELERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Hilal AYHAN

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2016-5091**
No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Tarla Bitkileri Anabilim Dalında Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ danışmanlığında, Hilal AYHAN tarafından sunulan “**PGPR ile Yapılan Bio-Priming Uygulamasının Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Nohut (*Cicer arietinum* L.) Bitkisinin Gelişimi ve Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili hükümleri gereğince / /2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

İmza:

Üye:

İmza:

Üye:

İmza:

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

.../.../2016

Prof. Dr. Suat ŞENSOY

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

Hilal AYHAN

ÖZET

PGPR İLE YAPILAN BİO-PRİMING UYGULAMASININ TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN NOHUT (*Cicer arietinum* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE ANTİOKSİDANT ENZİM AKTİVİTELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

AYHAN, Hilal

Yüksek Lisans Tezi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ

Ağustos 2016, 81 sayfa

Bu araştırmada, tuz stresine karşı, Işık-05 nohut çeşidinde, bitki büyümesini ve gelimesini teşvik eden kök bakterileri ile bio-priming uygulamalarının (EB-80, İzolat 30, Cicer, A-08) 0, 60 mM, 120 mM tuz konsantrasyonlarında etkileri araştırılmıştır. Kontrollü iklim odasında %50 perlit %50 torf içeren ortamda 30 gün büyüyen bitkilere, tuz stresini 10 gün boyunca sulama rejimine göre kademeli olarak uygulanmıştır. 10 gün uygulanmış olan tuz stresinden sonra büyüme parametreleri incelenmiş, antioksidan enzim, Lipit Peroksidaz (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H_2O_2) analizleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda bio-priming uygulamalarıyla, inokule edilen nohutlarda yaş gövde ve kök ağırlığı, kuru kök ve gövde ağırlığı, gövde boyu, yaprak sayısı ve klorofil miktarı artarken Kontrol grubunda azalma meydana gelmiştir. EB-80 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde MDA birikimi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre % 17,62 oranında azalmıştır. SOD, APX, KAT enzim aktiviteleri ise Kontrol 120 mM tuz uygulamasına göre önemli seviyede artmıştır. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde H_2O_2 birikimi, EB-80 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre % 31,57 oranında artmıştır. Yapılan tüm analizler değerlendirildiğinde bio-priming uygulaması ile Işık-05 nohut çeşidi üzerine tuz stresinin olumsuz etkisinin azaltılabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Antioksidan enzim aktivitesi, Nohut, PGPR, Tuz stresini

ABSTRACT

THE EFFECT OF BIO-PRIMING APPLICATION PERFORMED BY PGPR ON THE GROWTH OF CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.) PLANT GROWN UNDER SALINE STRESS AND ANTIOXIDANT ENZYME ACTIVITIES

AYHAN, Hilal

M.Sc.Thesis, Department of Field Crops

Supervisor: Assoc. Prof. Haluk KULAZ

August 2016, 81 pages

In this research, in 2016, against salinity, which is one of the most important stress factors affecting chickpea production, bio-priming application was performed on Işık-05 chickpea species determined with preliminary studies, through root bacteria that stimulate plant growth and development, and the effect of bio-priming at 0, 60, and 120 mM salt concentrations was investigated. Salt stress has been applied in stages according to the irrigation regime for 10 days on plants grown in a climate-controlled room in medium containing 50% peat, 50% perlite for 30 days. After 10 days of applied salt stress, growth parameters have been investigated; antioxidant enzymes, lipid peroxidase (MDA) and hydrogen peroxide (H₂O₂) analyses were performed. According to research results, when we look at the growth parameters, Işık-05 chickpea species inoculated with bacteria by PGPR application against saline stress showed an increase in wet stem and root weight, dry root and stem weight, body length, number of leaves, and chlorophyll amount, while MDA accumulation in plants treated with EB-80 120 mM saline application was reduced by 17,62% compared to Control plants treated with 120 mM saline. SOD, APX, KAT enzyme activities on the other hand, showed a significant increase compared to Control 120 mM saline application. In 120 mM saline treated Control plants, H₂O₂ accumulation increased by 31,57% compared to EB-80 120 mM saline treated plants. When all performed analyses are evaluated, it is seen that the negative effect of saline stress can be decreased in Işık-05 chickpea species inoculated by PGPR.

Keywords: Antioxidant enzyme activity, Chickpea, PGPR, Salt stress

ÖN SÖZ

Tuzluluk, tarımsal üretimde büyük kayıplar yaşanmasına neden olmaktadır. 2010 yılında 7.2 milyar olan insan nüfusunun 2050 yılında 12 milyara ulaşacağı düşünüldüğünde, toprakların tuzluluğa ve diğer streslere (biyotik ve abiyotik) maruz kalmaya devam etmesine bağlı olarak, tarım ürünlerinin verimlilikleri azalacak ve artan insan nüfusunun besin ihtiyaçlarının karşılanamaması sorunu ortaya çıkacaktır. Tuzluluk, bitki hücrelerinin su ve iyon içeriklerini etkilemekte, kloroplast yapısını bozmakta, fotosentetik pigment, protein ile karbonhidrat içeriğini değiştirmekte, fotosentez ve diğer biyosentez reaksiyonları ile antioksidan enzimler ve ozmolitlerin sentezini etkilemekte, köklerden su ile beraber iyonların alınımını ve yapraklara taşınması kontrol ederek, sitoplazmik yapılara ve hücresel membranlara zarar vermektedir. Kısaca ürün verimliliğinin düşmesine neden olan ve bitkileri hayat döngülerinin her safhasında önemli düzeyde etkileyen tuzluluk, en önemli tarımsal ve çevresel faktörlerden biridir. Bu çalışmanın yapılmasının amacı, nohut bitkisinde tuz stresinin zararlı etkilerinin en aza indirilmesinde PGPR'ların kullanılabilirliğinin ortaya konulmasıdır. Araştırmanın her aşamasında bana yardımcı olan hocam Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ'a, bakteri temininde ve çoğaltımında yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ'ye, Hoagland besin solüsyonu hesaplamalarımda yardımcı olan Prof. Dr. Füsün GÜLSER'e enzim analizlerinde bilgisini ve desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Sibel BOYSAN CANAL'a, laboratuvarını kullanmama izin veren Yrd. Doç. Dr. Ruhan Şensoy ve Arş. Gör. Dr. Şükrü ÖNALAN hocalarıma, tezin analizi ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşım Arş. Gör. Abdurrahim YILMAZ'a ve beni gönülden destekleyen aileme teşekkür ederim.

2016

Hilal AYHAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1.Çeşit.....	13
3.1.2. Araştırmada Kullanacak Bakteriler (Bio-Priming).....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Büyüme Evresi.....	13
3.2.2. Fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal analizler.....	14
3.2.2.1. Bitki ve kök boyu ve yaprak Sayısı.....	14
3.2.2.2. Taze ve kuru ağırlığın belirlenmesi.....	14
3.2.2.3. Klorofil Miktarı.....	15
3.2.2.4. Lipit Peroksidasyon (MDA) Analizi.....	15
3.2.2.5. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂).....	15
3.2.2.6. Antioksidan enzimlerinin analizi için bitki ekstraktının hazırlanması.....	15
3.2.2.7. Katalaz (KAT) aktivitesi.....	16
3.2.2.8. Askorbat peroksidaz aktivitesi.....	16
3.2.2.9. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi.....	16
3.2.3. İstatistiksel Analiz.....	17

4. BULGULAR	18
4.1. Bitki Boyu	18
4.2. Kök Boyu.....	20
4.3. Yaş Gövde ve Kök Ağırlığı.....	22
4.4. Yaprak Sayısı.....	26
4.5. Klorofil Miktarı.....	28
4.6. Kuru gövde ve kök ağırlığı.....	30
4.7. MDA	34
4.8. Askorbat peroksidaz (APX).....	36
4.9. Katalaz (CAT).....	38
4.10. Süperoksit dismutaz (SOD).....	40
4.11. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	45
KAYNAKLAR	52
ÖZ GEÇMİŞ.....	58

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Tuzluluk ve Alkalilik (Çoraklık) Sorununa Sahip Alanlar (ha) ve Dağılım Oranları(%).....	1
Çizelge 4.1. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait bitki boyu varyans analiz sonuçları.....	18
Çizelge 4.2. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait bitki boyu ortalamaları ve oluşan duncan grupları (cm).....	19
Çizelge 4.3. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kök boyu varyans analiz sonuçları.....	20
Çizelge 4.4. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kök boyu ortalamaları ve oluşan duncan grupları	21
Çizelge 4.5. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş gövde ağırlığı varyans analiz sonuçları.....	22
Çizelge 4.6. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş gövde ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları (gr).....	23
Çizelge 4.7. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş kök ağırlığı varyans analiz sonuçları.....	24
Çizelge 4.8. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş kök ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları.....	25
Çizelge 4.9. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaprak sayısı varyans analiz sonuçları.....	26
Çizelge 4.10. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaprak sayısı ortalamaları ve oluşan duncan grupları.....	27

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.11. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait klorofil varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.12. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait klorofil ortalamaları ve oluşan duncan grupları (SPAD).....	29
Çizelge 4.13. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kurutulmuş gövde varyans analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.14. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kurutulmuş gövde ortalamaları ve oluşan duncan grupları (gr).....	31
Çizelge 4.15. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kurutulmuş kök varyans analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.16. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kurutulmuş kök ortalamaları ve oluşan duncan grupları (gr).....	33
Çizelge 4.17. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait MDA varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.18. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait MDA ortalamaları ve oluşan duncan grupları (nmol g ⁻¹ T.A).....	35
Çizelge 4.19. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait APX varyans analiz sonuçları.....	36
Çizelge 4.20. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait APX ortalamaları ve oluşan duncan grupları (mmol g ⁻¹ Y.A/da ⁻¹).....	37
Çizelge 4.21. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait KAT varyans analiz sonuçları.....	38
Çizelge 4.22. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait KAT ortalamaları	

Çizelge	Sayfa
ve oluşan duncan grupları ($\text{mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da.-1}$).....	39
Çizelge 4.23. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait SOD varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.24. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait SOD ortalamaları ve oluşan duncan grupları ($\text{Unite g}^{-1} \text{ Y.A}$).....	41
Çizelge 4.25. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H_2O_2 varyans analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4.26. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H_2O_2 ortalamaları ve oluşan duncan grupları ($\mu\text{mol g}^{-1} \text{ T.A}$).....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Sıcaklık, tuz ve gübreleme streslerine karşı PGPR tarafından ortaya çıkarılan sistemik dayanıklılık (kök ve sürgünde).....	5
Şekil 2.1 Nohut bitkisinde <i>Azospirillum brasilense</i> suşu ile Az-NaCl (Bakteri ve Tuz uygulaması) C-NaCl (Kontrol ve Tuz Uygulaması) kök görüntüleri.....	10
Şekil 4.1. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidine ait bitki boyu ortalamaları histogramı (cm).....	20
Şekil 4.2. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidine ait kök boyu ortalamaları histogramı (cm).....	22
Şekil 4.3. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş gövde ağırlığı histogramı (gr).....	24
Şekil 4.4. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş kök ortalamaları histogramı (gr).....	26
Şekil 4.5. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine yaprak sayısı ortalamaları histogramı	28
Şekil 4.6. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait klorofil ortalamaları histogramı.....	30
Şekil 4.7. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi kurutulmuş gövde ağırlığı ortalamaları histogramı (gr).....	32
Şekil 4.8. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi kurutulmuş kök ağırlığı ortalamaları histogramı (gr).....	34
Şekil 4.9. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi MDA ortalamaları histogramı	

Şekil	Sayfa
(nmol g ⁻¹ T.A).....	36
Şekil 4.10. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait APX ortalamaları histogramı (mmol g ⁻¹ Y.A /da ⁻¹	38
Şekil 4.11. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait KAT ortalamaları histogramı (mmol g ⁻¹ Y.A /da ⁻¹)......	40
Şekil 4.12. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait SOD ortalamaları histogramı (Unit g ⁻¹ Y.A)	42
Şekil 4.13. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H ₂ O ₂ ortalamaları histogramı (µmol g ⁻¹ T.A)	44
Şekil 4.14. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H ₂ O ₂ Standart Küre histogramı (µmol g ⁻¹ T.A)	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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

Simgeler	Açıklama
°C	Santigrat Derece
μmol	Mikromol
nmol	Nanomol
ml	Mililitre
μl	Mikrolitre
mM	Milimol
g	Gram
U	Unite
dS	DesiSiemens
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklamalar
F	F Değeri
PH	Asitlik Derecesi
VK	Varyasyon Kaynakları
KO	Kareler Ortalaması
SD	Serbestlik Derecesi
PGPR	Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Bitki büyümesine arttıran kök bakterileri)
SOD	Süperoksit Dismutaz
MDA	Malondialdehit
APX	Askorbat Peroksidaz
KAT	Katalaz
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit

1. GİRİŞ

Dünyanın her tarafında geniş alanları şiddetli bir şekilde etkileyerek ürün verimliliğinin düşmesine neden olan ve bitkileri hayat döngülerinin her safhasında önemli düzeyde etkileyen tuzluluk, en önemli tarımsal ve çevresel faktörlerden biridir.

Yeryüzünde 800 milyon ha'dan fazla alan tuzdan etkilenmiştir (Türkan ve Demiral, 2009). Bu miktar dünyanın toplam arazilerinin %6'sından fazlasına karşılık gelmektedir (Munns ve Tester, 2008). Bu alanlara her yıl tuzdan zarar gören 2 milyon ha tarım arazisinin katıldığı düşünülmektedir (Tuteja, 2007). NaCl bu tuzların en önemlilerinden biridir ve NaCl'nin neden olduğu tuzlu topraklar, tuzdan etkilenmiş alanların büyük kısmını oluşturmaktadır (Pessarakli ve Szabolcs, 1999).

Ülkemiz de bu sorunla yüz yüzedir. Yapısında tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunan toplam arazi varlığımız 1.518.722 ha'dır ve tüm arazi varlığımızın yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır (Çizelge 1). Çoraklık sorununa sahip arazilerimizden kolaylıkla iyileştirebileceğimiz toplam arazi miktarımız 614.657 ha'dır ve toplam sorunlu alanın da yaklaşık %40,5'ini kapsamaktadır. Verimliliği daha fazla oranda sınırlayan ve iyileştirilmesi içinde yüksek oranda yatırım gerektiren tuzlu topraklarımız 504.603 ha; alkali topraklarımız 8.641 ha; hafif tuzlu-alkali topraklarımız 125.663 ha ve tuzlu - alkali topraklarımız da 264.958 ha'dır (Anonim, 2005).

Çizelge 1. Tuzluluk ve alkalilik (Çoraklık) sorununa sahip alanlar (ha) ve dağılım oranları (%)

Dağılım		Çoraklık Sorunu				
Alan ve Oran	Hafif Tuzlu	Tuzlu	Alkali	Hafif Tuzlu- Alkali	Tuzlu Alkali	Toplam
Alan (ha)	614.657	504.603	8.641	125.663	264.958	1.518.722
Oran (%)	40,5*	33,2*	0,6*	8,3*	17,4*	2,0**

*Çoraklık sorunu içindeki oranı **Ülke yüz ölçümüne oranı.

Dünya üzerinde tarımda kullanılabilir alanların sadece %10' u herhangi bir çevresel stres etmeni ile karşı karşıya değildir. Geriye kalan %90'lık kısımda, %26 oranında en fazla karşılaşılan kuraklık stresi tehdidi altında olan alanlardan sonra %20'lik bir oranla tuz stresi gelmektedir (Blum, 1985; Ashraf, 1994).

Rizosferde NaCl artışına bağılı olarak ortaya çıkan tuzluluğun, tuz stresi altındaki bitkilerin gelişiminin engellenmesinin birinci nedeni: negatif su potansiyeline sahip olan topraktan suyun alınmasının zorlaşması ile oluşan su stresi (osmotik etki)'dir. İkinci nedeni, potansiyel olarak zehir etkisine sahip Na^+ ve/ya da Cl^- iyonlarının yol açtığı doğrudan bir zehir etkisinin ortaya çıkmasıdır. Üçüncü neden ise, enerjinin asıl amacından farklı kullanılmasıdır (Bernstein, ve ark., 2000; Salisbury ve Ross, 1992; Street ve Helgi, 1984).

Tuzluluk, bitkiler üzerindeki doğrudan etkisini osmotik ve iyon stresi oluşturarak gösterirken, dolaylı etkisini (sekonder etki) bu stres faktörleri sonucu bitkide meydana gelen yapısal bozulmalar ve toksik bileşiklerin sentezlenmesi ile gösterir. NaCl'nin sebep olduğu başlıca sekonder etkiler; DNA, protein, klorofil ve zar fonksiyonuna zarar veren aktif oksijen türlerinin (AOT) sentezi; fotosentezin inhibisyonu; metabolik toksisite; K^+ alımının engellenmesi ve hücre ölümü olarak sayılabilir (Botella ve ark., 2005; Hong ve ark., 2009).

Oluşan oksidatif stresi ortadan kaldıracılamak için bitkiler çeşitli antioksidan enzimlere (süperoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, katalaz, glutatyon redüktaz ve peroksidaz gibi) ve molekülere (askorbat, glutatyon, α - tokoferoller ve karotenoidler gibi) sahiptir. Bu antioksidan sistemleri ile AOT'lerini detoksifiye edebilirler (Hussein ve ark., 2008; Jamei ve ark., 2009). Tuz stresi altında çeşitli bitkiler ile yapılan birçok çalışmada, antioksidan sistemlerin savunma mekanizmasında önemli rolleri olduğu bildirilmiştir (Koca ve ark., 2007; Husseini ve ark., 2008; Melchiorre ve ark., 2009; Heidaria, 2010). Tuz stresinin fotosentez ve antioksidan sistemler üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar hala devam etmektedir.

Toprak saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği ile oransal verim arasındaki ilişkiye göre bitkiler; tuza duyarlı ($0-4 \text{ dS m}^{-1}$), orta dayanıklı ($4-8 \text{ dS m}^{-1}$) ve çok dayanıklı bitkiler ($8-16 \text{ dS m}^{-1}$) olarak sınıflandırılmaktadır (Güngör ve Erözel, 1994).

Bitkiler tuzluluktan, farklı büyüme dönemlerinde farklı etkilenmektedir. Bitkilerin tuza en duyarlı oldukları evre çimlenme ve fide gelişimi evresi olup büyüme ve gelişme ilerledikçe tuz toleransı da artmaktadır (Bozcuk, 1991; Rains, 1991; Ashraf, 1994). Çimlenme ve fide çıkış döneminde tuza tolerans özelliğinin daha sonraki büyüme periyotlarında da bitkinin tuzlu koşullara adaptasyonu için avantaj olduğu bildirilmektedir (Rains, 1991).

Topraklarda bakteri, mantar, aktinomiset, protozoa ve alg olmak üzere birçok mikroorganizma grubu bulunmaktadır. Bitki gelişimini teşvik eden, bitki kökleri ile faydalı etkileşim içinde bulunan ve biyolojik savaş ajanı olarak kullanılan mikroorganizmalara bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) adı verilmektedir. Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPR) genelde bitkinin kök bölgesi yakınlarında ya da kök bölgesiyle doğrudan bağlantılı olarak kolonize olmuşlardır. Daha çok *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine ait bakteri gurupları strese tolaransta etkin rol oynamaktadırlar (Çakmakçı, 2005).

Bitki büyümesini düzenlemede rol oynayan bakterilerin mekanizmaları doğrudan ve/veya dolaylı olmak üzere iki grupta açıklanmaktadır. Doğrudan mekanizmalar arasında; biyolojik azot fiksasyonu, oksin, giberellin ve sitokin gibi bitkisel hormonların üretilmesi, 1- aminosiklopropan -1- karboksilat (ACC) deaminaz aktivitesi yoluyla etilen sentezinin engellenmesi, çevresel stresin azaltılması, bakteri ve bitki ilişkisinde uyumun sağlanması, inorganik fosforun çözünürlüğünün artırılması ve organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonunun sağlanması, siderofor üretimi yoluyla demir alımının artırılması ve diğer bazı iz elementlerin oranında artışın sağlanması, vitamin sentezinin ve kök geçirgenliğinin artırılması yer almaktadır. Dolaylı mekanizmalarında ise kök bakterileri antibiyotik üretimi ile hastalıkların azaltılmasında biyokontrol ajanı olarak rol oynamaktadırlar, değişik organik bileşiklerin bulaştığı topraklarda bitki gelişimini engelleyici ksenobiyotikleri parçalayarak bitkileri korumaktadırlar (Elsheikh ve Elzidany, 1997; Rodriguez ve Fraga, 1999; Eşitken ve ark., 2003; Anonim, 2006; Aslantaş ve ark., 2007; Çakmakçı, 2006). Aynı zamanda sahip oldukları mekanizmalarla patojen mikroorganizmaların bitkilerde hastalık oluşturmalarını engellemektedirler.

Bitki gelişimini artıran kök bakterilerinin bitki gelişimi ve verimi üzerine olumlu etkilerinin olduğu, biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı bitkilerde dayanıklılığı arttırdığı ve patojenlere karşı biyolojik mücadelede kullanılabilecekleri bilinmektedir (Reddy ve ark., 2000; Kloepper ve ark., 2004a).

Bakterilerin bitki gelişimi ve verimini arttırabileceği çok uzun bir süredir bilinmektedir. Bu organizmalar arasında en çok bilinenleri, tarımda muhtemel ve pratik kullanımı olan *Rhizobium* cinsleri olduğu belirtilmektedir. *Rhizobium* gibi simbiosis etkisi olmayan diğer bakteri türlerinin çoğunun bitki gelişimini arttırdığı pek bilinmemektedir. 1970'lerin ortasında; bazı bakterilerin, özellikle *Pseudomonas*'ların toprak kaynaklı patojenleri kontrol altına alabileceğinin ve dolaylı olarak bitki gelişimini arttırabileceğinin keşfedilmesi, bitki metabolizması ve sonuçta gelişimini direkt olarak etkileyen *Azospirillum* türlerinin yeniden farkına varılması ile gerçekleşmiştir.

Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin oksin, giberellin ve etilen gibi bitkisel hormonları üretebildiği (Çakmakçı ve ark., 2006 ; Aslantaş ve ark., 2007), serbest veya simbiyotik olarak N fikse ettiği (Şahin ve ark., 2004; Çakmakçı ve ark., 2007a, b), bitki enzim aktivitesini arttırdığı (Çakmakçı ve ark., 2007a, 2009a), mineral fosfatı ve demiri çözebildiği ve organik fosfat ve diğer besin elementlerini mineralize ettiği (Canbolat ve ark., 2006a, Çakmakçı ve ark., 2006), tuz stresinin bitki gelişmesi ve beslenmesi üzerine olumsuz etkilerini azalttığı (Sezen, 2012), vitamin üretimi, siderefor, antibiyotik, enzim ve fungusit bileşikler sentezleyerek veya rekabet gibi mekanizmalarla patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiği (Kotan ve Şahin 2002; Eşitken ve ark 2003; Akgül ve Mirik 2008) kaydedilmektedir.

Bakterilerce serbest azot fiksasyonu, indol asetik asit, gibberellik asit ve sitokinin gibi hormonların üretimine ilave olarak, bitki taşıma sistemi ve iyon alımının teşvik edilmesi gelişmeyi arttırmaktadır (Dobbelaere ve ark., 2003; Çakmakçı ve ark., 2006, 2007a). Bakteriler, organik ve mineral fosfat çözünürlüğü ve diğer bitki besin maddelerinin mineralizasyonu ve alımını arttırabilmekte (De Freitas ve ark., 1997; Çakmakçı ve ark., 1999, 2001; Şahin ve ark., 2004) ve siderofor, 1,3 glukanaz, kitinaz, antibiyotik ve siyanit üretimiyle patojenik mikroorganizmalara karşı etki göstererek dolaylı olarak bitki gelişmesini teşvik edebilmektedir (Dobbelaere ve ark., 2003). Bitki gelişimi; aşırı sıcaklıklar, yüksek ışık, su basması, kuraklık, organik kirleticiler ve toksik metallerin varlığı, radyasyon, yaralanma, böcek zararı, yüksek tuzluluk, virüs, bakteri ve mantarların dahil olduğu birçok biyotik ve abiyotik stres faktörü tarafından engellenebilmektedir.

Bitkilerin bir dizi savunma proteininin sentezlenmesi de dahil fizyoloji ve metabolizmasını değiştirebilme özelliklerine ilave olarak, belli bakteriler de çeşitli çevresel stres faktörlerden kaçınma ve kısmen de olsa üstesinden gelme bakımından bitkilere yardımcı olmaktadır. Azot fiksasyonu, bitkisel hormon üretimi, bakteriyel siderofor üretimiyle demir ve benzeri iz elementlerin alımını etkileme, fosfat çözme gibi doğrudan veya bitki patojenlerini baskılamak gibi dolaylı yollar ile stres faktörlerine karşı bitkinin savunma mekanizmalarını arttırmaktadır (Çakmakçı, 2009).

Bu mekanizmalar arasında; biyolojik azot fiksasyonu, oksin, giberellin ve sitokinin gibi bitkisel hormonların üretilmesi, 1- aminosiklopropan -1- karboksilat (ACC) deaminaz aktivitesi yoluyla etilen sentezinin engellenmesi, çevresel stresin azaltılması, bakteri ve bitki ilişkisinde uyumun sağlanması, inorganik fosforun çözünürlüğünün artırılması ve organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonunun sağlanması, siderofor üretimi yoluyla demir alımının artırılması ve diğer bazı iz

elementlerin oranında artışın sağlanması, vitamin sentezinin ve kök geçirgenliğinin artırılması yer almaktadır (Bayrak ve Ökmen, 2014).

Bakteriler bazı enzimlere etki ederek bitkilerde moleküler düzeyde bazı fizyolojik değişikliklere neden olmaktadır. Bu enzimler içinde 1- aminoklopropan-1- karboksilat (ACC) deaminaze bitki etilen hormonunun ayarlanması ile bitki büyüme ve gelişimini değiştirmede önemli rol oynamaktadır. Bitki gelişimini teşvik edici bu bakteriler; bitki besin kaynağı sağlanmasına ilave olarak, ACC deaminaze aktivitesi yoluyla bitki etilen düzeyini azaltarak, bitki gelişmesini doğrudan teşvik etmektedir (Glick, 1995; Glick ve ark., 1999). ACC deaminaze içeren bakteriler stresin neden olduğu etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Glick ve ark., 1998; Safronova ve ark., 2006).

Etilen birçok bitkinin tohumlarının çimlenmesinde gereklidir. Tohum çimlenmesinde ve fidelerin gelişmesi sırasında etilenin üretim oranı artmaktadır. Etilenin düşük seviyelerinde kök oluşumu ve büyümesi artmakta ve kök uzaması uyarılmaktadır. Hızla büyüyen kökler tarafından üretilen yüksek seviyelerdeki etilen ise kök uzamasını engellemektedir (Penrose ve Glick, 2000; Pal ve ark., 2000). ACC deaminase enzimi etilen sentezinin önemli aşamalarından biri olan ACC oluşumunu engeller. Birçok bitki gelişimini uyaran kök bakterileri ACC deaminase aktivitesi göstermektedir. Bitki gelişimini uyaran kök bakterileri tarafından üretilen ACC deaminase yardımıyla etilen seviyesinin düşürülmesiyle bitkilerin kök uzunluğu artmaktadır.

Etilen seviyesindeki artış, arbusküler mikorhizal fungi (AMF) kolonizasyonunu (Santos ve ark., 2011) ve baklagillerde kök nodülasyonunu engellemektedir (Nukui ve ark., 2000). Bu kapsamda, aşırı ACC deaminasyonu ile etilen biyosentezinin azaltılmasında ve özellikle AMF ve Rhizobial kolonizasyonu iyileştirmede PGPR' lerin rol alması ilgi çekicidir (Guinel ve Glick, 2003). Bitkiler stres belirtilerinin ortadan kaldırılması için toprak mikroorganizmaları ile iletişim içerisinde olup, birçok toprak mikroorganizmaları bitki ile simbiyotik bir ilişki oluşturarak bitki köklerinde ve rizosfer yüzeyinde kolonileşme yeteneğine sahiptir (Cheng ve ark., 2010). Tuz stresinin bitki büyümesi üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için ACC deaminaz vasıtası ile etilen seviyelerini düşürmek yaygın bir mekanizmadır.

Nohut (*Cicer arietinum* L.) tanelerinde, çeşit özelliğine, çevre koşullarına ve kültürel işlemlere göre değişmekle birlikte % 18-31 oranında ham protein, hazm olunabilir protein oranının % 76-78 arasında olan, biyolojik değeri de oldukça yüksek (Akçin, 1988), Nohut kültüre alınmış ilk yemeklik baklagil bitkilerindendir. Dünya’da fasulye ve bezelyeden sonra en çok yetiştirilen üçüncü yemeklik tane baklagil bitkisidir. Türkiye’de 423.557 bin hektarlık alanda 119,46 kg/da verim ve 506 bin ton üretimi ile, dünyada 4. sırada yer almaktadır (FAO 2013). Son yıllarda, nohut ekiminin, üretiminin ve veriminin önemli derecede azaldığı bilinen bir gerçektir. Nohut verim ve kalitesindeki bu önemli düzeydeki azalmanın birçok sebebinin olmasının yanında bunlardan en önemlisi nohut bitkisinin büyüme ve gelişim sırasında karşı karşıya kaldığı biyotik (*Ascochyta rabiei*), kuraklık ve tuzluluk faktörlerden kaynaklandığı yadsınamaz bir gerçektir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar derinlere taşınamamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Evaporasyonun yüksek oluşu nedeni ile sular toprak yüzeyinden kaybolurken beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bırakmaktadır. Tuzluluk, bitki hücrelerinin su ve iyon içeriklerini etkilemekte, kloroplast yapısını bozmakta, fotosentetik pigment, protein ile karbonhidrat içeriğini değiştirmekte, fotosentez ve diğer biyosentez reaksiyonları ile antioksidan enzimler ve ozmolitlerin sentezini etkilemekte, köklerden su ile beraber iyonların alımının ve yapraklara taşınmasının kontrolü, sitoplazmik yapılara ve hücrel membranlara zarar vermektedir (Çulha ve Çakırlar 2011).

Ayrıca tuzluluk, tarımsal üretimde büyük kayıplar yaşanmasına neden olmaktadır. 2010 yılında 7.2 milyar olan insan nüfusunun 2050 yılında 12 milyara ulaşacağı düşünüldüğünde, toprakların tuzluluğa ve diğer streslere (biyotik ve abiyotik) maruz kalmaya devam etmesine bağlı olarak, tarım ürünlerinin verimlilikleri azalacak ve artan insan nüfusunun besin ihtiyaçlarının karşılanamaması sorunu ortaya çıkacaktır (Çulha ve Çakırlar 2011).

Bu çalışmada, nohut üretimini etkileyen en önemli stres faktörlerinin başında gelen tuzluluğa karşı, ön çalışmayla belirlenen Işık-05 nohut çeşidine, bitki büyümesini ve gelimesini teşvik eden kök bakterileri ile bio-priming uygulaması yapılmış 0 mM, 60

mM, 120 mM tuz konsantrasyonlarında Bio-Priming'in etkisi araştırılmıştır. 10 gün uygulanan tuz stresinden sonra büyüme parametreleri incelenmiş antioksidan enzim, Lipit Peroksidaz (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H_2O_2) analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda nohut bitkisi için tuz stresinin zararlı etkilerinin en aza indirilmesinde PGPR'ların kullanılabilirliğinin olduğu ama konunun aydınlatılması için daha fazla çalışma yapılması gerektiği ortaya konulmuştur.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Hamaoui ve ark. (2001) farklı yetiştirme (tarla ve sera denemeleri) koşulları altında *Azospirillum brasilense* ile inokule edilen bakla ve nohutun tuza toleranslarını incelemişlerdir. Sera denemelerinde *Azospirillum brasilense* ile inokule olan her iki baklagil bitkisinde tuzlu sulama suyunun bitki büyümesi üzerinde negatif etkisinin önemli bir düzeyde azaldığı görülmüştür. Tuz uygulaması yapılan nohut bitkilerinin kuru ağırlıkları, kontrole göre benzer sonuçlar vermiştir. İnokulasyon uygulamasının, bitki gelişmesinin erken aşamasında tarla ve serada yetişen bitkilerin kök büyümesi ve kök dallanmasını arttırarak pozitif etki yaptığı bildirilmiştir.

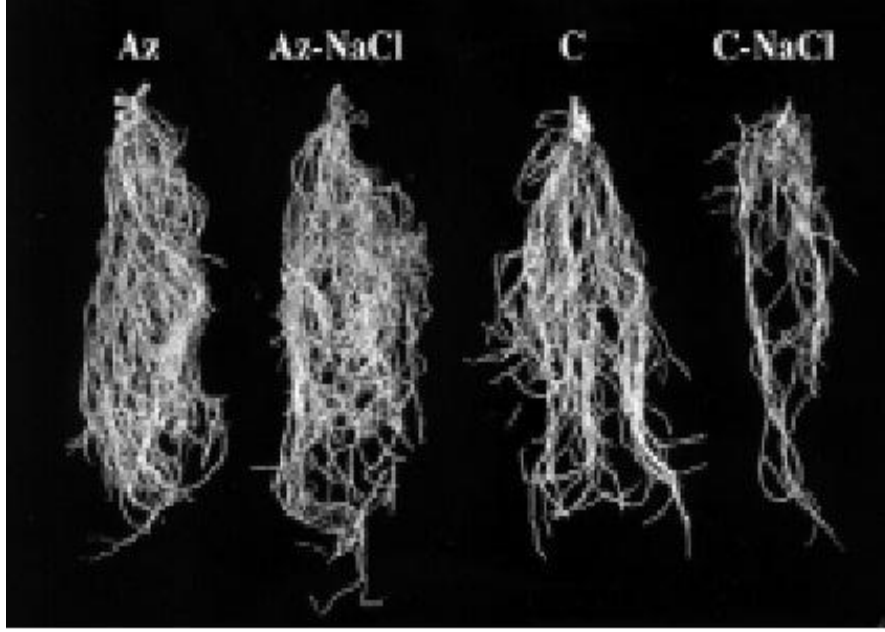
Tiwari ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada, kuraklık stresi altında *Pseudomonas putida* MTCC5279 (RA) ile inokule olan nohut tohumlarının oksidatif stres ve membran hasarını korumada pozitif etki oluşturduğu ve RA inokulasyonunun ROS üretimini minimize ederek kuraklık stresini azaltmada etkili olduğu tespit edilmiştir.

Öğütçü ve ark. (2010)'nın yabani nohut bitkilerinden izole edilen rhizobium suşlarının tuzlu koşullarda nohudun gelişimi ve simbiyotik performansı üzerine etkisini inceledikleri çalışmasında, yabani nohut bitkilerinden elde edilen dört suş (DN1, DN7, TN3 ve TN4) ile aşılanmış nohut tohumları kontrollü bitki büyütme kabinde steril kum içeren saksılara ekilmiştir. Farklı tuz seviyelerinde (0, 50 ve 100 mM NaCl) yetiştirilen yabani nohut bitkilerinden izole edilen *Rhizobium leguminosarum* bv. *ciceri* suşları ile yapılan aşılama, aşısız kontrole oranla incelenen bütün parametreleri önemli seviyede arttırdığı ve nohudun tuzlu şartlardaki gelişim ve dayanıklılığını arttırabileceği bildirilmiştir.

Wani ve Khan (2010), kromla ağırlaştırılmış topraklarda yetiştirilen nohuta *Bacillus species* aşılamışlardır. *Bacillus species* PSB10'un büyüme, nodülasyon, klorofil, leghemogloblin, tohum verimi ve tane proteinini önemli bir şekilde artırdığı; kök, sürgün, tanede krom alımını düşürdüğü, *Bacillus species*'in krom bulaşmış alanlarda kromun ıslahı için yararlanılabileceği ayrıca bakterinin bitki gelişmesi sağlayıcı etkisinden dolayı kromun toksik etkisini azalttığı tespit edilmiştir.

Shahzad ve ark. (2010), kök yapısındaki değişiklikleri teşvik eden ACC-deaminaze bakterileri vasıtası ile nohut bitkisinde verim, büyüme ve nodülasyon gelişimi üzerine

yaptıkları çalışmada, *Enterobacter gergoviae* J107, *Pseudomonas fluorescens* J108, *Serratia proteamaculans* J119 ve *Citrobacter koseri* J120 bakterileri arasından en etkili PGPR'ın hem tarla hem de kavanoz uygulamasında kök, sürgün büyümesi, nodülasyon ve tane verimini arttıran *Serratia proteamaculans* J119 olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil.2.1 Nohut bitkisinde *Azospirillum brasilense* suşu ile Az-NaCl (Bakteri ve Tuz uygulaması) C-NaCl (Kontrol ve Tuz Uygulaması) kök görüntüleri.

Srivastava ve Singh (2014), arsenikli toprağın ıslah edilmesi amacıyla yetiştirilen nohut bitkisinde, bitki büyümesini teşvik eden, arseniğe toleranslı (arsenikle kontamine olmuş topraktan izole edilen) *Acinetobacter* sp. bakterisi aşlamışlardır. Bakterinin, sürgün kısımlarında arsenik alımını azaltarak, arsenikle kontamine olan toprakta yetişen bitkilere kıyasla, nohut bitkisinin verim ve bitki büyümesini önemli bir şekilde yükselttiği, bitkide arsenik toksisitesiyle mücadele ettiği belirlenmiştir. MDA analizi sonucunda arsenikli toprakta gelişen inokule olmuş nohut bitkisinde (saksıya ekimden 2 hafta sonra 100 ml bakteri) MDA miktarı kökte: $10.85 \pm 0.16 \text{ mmol g}^{-1}$, sürgünde: $4.19 \pm 0.46 \text{ mmol g}^{-1}$ tespit edilmiştir. Arsenikli toprakta yetişen inokule olmayan bitkide ise MDA miktarı kökte: $22.94 \pm 0.27 \text{ mmol g}^{-1}$, sürgünde: $35.6 \pm 0.95 \text{ mmol g}^{-1}$ olduğu bulunmuştur. Bakterinin hormonlar ve faydalı bileşikler oluşturarak, yüksek konsantrasyonlu arseniği tolere etmek için yardımcı olduğu, ayrıca fitoremediasyonda potansiyel bir araç olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Nandwal ve ark. (2007)'nın etkili bir *Rhizobium* kültürü (Ca 181) ile inokule edilen (ekimden önce tohumu uygulayarak) Nohut (*Cicer arietinum* L.cv. H 96-99) bitkisinde kısa dönem tuzluluk ve sonrası tuzun uzaklaştırılmasıyla etkilenen nohut bitkisi nodüllerinin azot fiksasyon etkinliği, etilen gelişimi, antioksidan aktivitesi, bitki su durumu ve lipid peroksidaz ölçümleri yapılmıştır. 55-65 gün boyunca sera koşullarında yetiştirilen nohut bitkisine Klorür (Cl) baskın olacak şekilde oluşturulan tuz dozlarıyla (Kontrol (0), 2.5, 5.0, 10.0 dS m⁻¹) 3 gün uygulama yapılmıştır. 3. günün sonunda örnekler alınmış ve bitkilerin yarısına yıkama yapılarak tuz uzaklaştırılmıştır. Tuz stresinde nodüllerde üretilen etilen, ACC oksidaz aktivitesi, ACC miktarı ve tuzluluk seviyeleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Tuz miktarı arttıkça etilen üretiminin arttığı, tuzun uzaklaştırılmasıyla ACC oksidaz, ACC ve Etilen miktarının azaldığı aktarılmıştır.

Siddikee ve ark. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada, ACC deaminaz aktivitesine sahip tuza dayanıklı bakteriyle stres etileni sentezinin düzenlenmesi, kırmızı biber tohumlarının tuza toleransının ve büyümesinin artırılması araştırılmıştır. İzole edilen üç adet tuza dayanıklı bakteriyle inokule olan, 8 gün çimlendirilen ve sera şartlarında 3 hafta yetiştirilen bitkilere tuz stresi uygulanmıştır. 150 mM tuz stresi altında 8 gün çimlendirilen tohumlarda etilen üretimi %64 iken, bakteri ile inokule olan tohumlarda etilen üretimi ise %44, %53, %57 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca inokulasyonun kök uzunluğunu, köklerde kuru madde birikimini, tüm bitki büyümesini, besin alınımını, tuza toleransı arttırdığı bildirilmiştir.

Zapota ve ark. (2007)'nin tuz stresi (100 mM) uyguladıkları sekiz bitki türünde stresin etilen sentezine yanıtı araştırılmıştır. Bitki türlerinin çoğunun kök ve sürgünlerinde artan etilen üretimi, bitkinin tuza hassaslığı ile ilişkilendirilmiştir. Tuza hassas olan biber sürgünlerinde toplam ACC konsantrasyonunun en yüksek sonuçlandığı, tuza dayanıklı pancar bitkisi kökünde ise toplam ACC konsantrasyonunun tuz stresine karşı etkilenmediği tespit edilmiştir. Ayrıca ACC konsantrasyonundaki artışın başlangıçta köklerde olduğu, daha sonra sürgünlere taşındığı ve bu taşınma biberde hızlı olduğu için sürgünde toplam ACC konsantrasyonunun en yüksek olduğu açıklanmıştır.

Barnawal ve ark. (2014), tarafından ACC deaminaz aktivitesine sahip, tuz stresine toleranslı *Arthrobacter protophormiae* ile bezelye (*Pisum sativum*) bitkisinde

etilen üretimi ve ACC oksidaz aktivitesinin azaltılarak mikorizal kolonizasyon ve nodülasyon gelişmesinin sağlanması üzerine çalışılmıştır. *Rhizobium leguminosarum* ve *Glomus mosseae* gibi kolonizasyon geliştiren yararlı mikroorganizmalar ile kombinasyonlar yapılmıştır. Lipitlerde oksidatif zarar, tuz stresi sonucunda MDA miktarının artmasıyla yükselmiştir. *Arthrobacter protophormiae* ile tuz stresinde gelişen bitkilerin, kontrol bitkilerine kıyasla MDA seviyesi azalmıştır. 3 bakteri kombinasyonunun (AxRxG) sinerji içerisinde hareket ettiği ve stres koşulları altında etilen konsantrasyonunun yükselmesini kısıtlayarak yüksek AMF kolonizasyonu ve *Rhizobium* nodülasyonu sağladığı bildirilmiştir.

Kukreja ve ark. (2005)'nın tuzluluk stresinden etkilenen nohut bitkisinin köklerinin membran bütünlüğü, etilen gelişimi, antioksidan savunma sistemi, ve bitki su durumu üzerine yaptıkları çalışmada, ekimden 60 gün sonra sulama suyu ile 0, 2.5, 5.0, 10.0 dS m⁻¹ tuzluluk uygulamışlardır. Uygulamadan 3 gün sonra yarısından örnekler alınmış, diğer yarısı 3 gün saf su ile sulanmış ve tuzluluk giderilmeye çalışılmıştır. Tuzluluk ile etilen gelişimi, ACC miktarı, ACC oksidaz aktivitesi, hidrojen peroksit (%20- %181) ve lipit peroksidaz (%43 - %170) miktarının arttığı; köklerdeki aktif savunma mekanizmalarından süper oksit dismutaz, peroksidaz, Askorbat peroksidaz, Gutasyon transferaz, Gutasyon redüktaz, Katalaz içeriğinin ise yükseldiği tespit edilmiştir. Tuzluluğun sulama suyu ile uzaklaştırılmasıyla üzerinde çalışılan parametrelerin çoğunda bir kısım iyileşme görüldüğü bildirilmiştir.

Garg ve Chandel (2011)'ın tuz stresi altındaki nohut bitkisinde mikorizal inokulasyonun (*Glomus mossea* ve standart rizobium kültürü) besin alımı, azot fiksasyonu ve büyüme üzerine etkisi konulu çalışmalarında, tuza hassas ve tuza tolerant iki genotip kullanılmıştır. 0, 4.0, 6.0, 8.0 dS m⁻¹ dozlarında (sodyum klorür, kalsiyum klorürü, sodyum sülfat 7:2:1 w/v) tuz stresi uygulanmıştır. Mikorizalı bitkilerin hem tuzlu hem de tuzsuz koşullarda önemli oranda yüksek nodül sayısı, kuru ağırlık ve nirojenaz aktivitesine sahip olduğu bildirilmiştir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çeşit

Araştırmada Türkiye’de tescil edilmiş 21 nohut çeşidine (ILC-482, Hisar, Azkan, Işık-05, Seçkin, İnci, Diyar-95, Taek, Çağatay, Hasanbey, Aksu, Çakır, Zühal, Ilgaz, Küsmen, Gökçe, Uzunlu, Akçin, Dikbaş, ER-99, Arda) 0, 60mM ve 120 mM tuz stresi uygulanmış yapılan ön çimlendirme testine göre değerlendirilmiş ve Işık-05 çeşidi araştırma materyali olarak seçilmiştir.

Işık 05: Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilen bu çeşit seleksiyon ıslah metodu ile ıslah edilmiştir. Dik gelişen, bitki boyu 30-42 cm, çiçek rengi beyaz, meyvede tane sayısı 1-2, bitkide bakla sayısı 18-28 olan bu çeşitte taneler koçbaşı tipi, tane rengi açık bej ve 100 tane ağırlığı 45.0- 50.0 g’dır.

3.1.2. Araştırmada Kullanacak Bakteriler (Bio-Priming)

YYÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’nden temin edilmiştir. Ön uygulama sonucunda seçilecek olan 3 adet izolata ek olarak 1 adet standart ticari bakteri suşu piyasadan temin edilmiştir. Standart ticari bakteri suşu olarak Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden *Rhizobium cicer* bakteri suşu temin edilmiş ve Cicer kodu ile çalışmada kullanılmıştır. İzolatlardan bir tanesi Yeditepe Üniversitesinde Genetik ve Biyomühendislik bölümünden Prof. Dr. Metin Turan tarafından temin edilen tuzlu sudan izole edilen A-08 izolatu A-08 kodu ile kullanılmıştır. Diğer 2 adet izolat Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’nden Yrd. Doç. Dr. Ahmet Akköprü’den temin edilen EB-80 ve İzolat30 izolatları EB-80 ve İzolat30 kodlarıyla kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Büyüme Evresi

Işık-05 nohut çeşidine ait tohumlardan yaklaşık aynı morfolojiye ve aynı büyüklüğe sahip, kotiledonu zarar görmemiş tohumlar özenle seçilmiş ve kabuk sterilizasyonu işlemine tabi tutulmuştur. Tohumlar, kabuk sterilizasyonunu sağlamak amacıyla %3'lük hipoklorit (NaOCI) çözeltisinde 3 dk tutulduktan sonra, %70'lik etanol ile 3 dk muamele edilip, distile su ile 6 kere yıkanmıştır. Bakteri süspansiyonları 10^8 - 10^9 cfu/ml yoğunlukta hazırlanıp beherdeki nohut tohumların üzerini yeterince örtecek ölçüde eklenmiştir (Uslu, 2006). Ayrıca negatif kontrol olarak ekilen tohumlara yalnızca %20 CMC eklenmiştir. Bakteri süspansiyonları ve tohumların bulunduğu beherler 30 dakika süreyle tohumların kotiledonlarına zarar gelmeyecek şekilde karıştırılmıştır. Bu süre sonunda tohumlar steril kurutma kağıtlarının üzerinde yaklaşık 6-7 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Bio-priming uygulanan tohumlar için yetiştirme ortamı olarak Al, Na ve K silikatlarından oluşmuş, tanecikli volkanik bir cam köpüğü olan %50 steril perlit ve organik toprak düzenleyicisi olan, elektiriksel iletkenliği düşük %50 torf kullanılmıştır. %50 Perlit ve Torf ortamındaki saksılara ekilen bitkiler, 25°C sıcaklıkta, %40-50 nem 14 saat ışık, 10 saat karanlık fotoperiyodunda, $250 \mu\text{mol.m}^{-1}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğunda, kontrollü iklim odasında half hoagland besin solüsyonu ile sulanarak büyütülmüşlerdir. 30 günlük bitkiler half hoagland besin solüsyonu içine ilave edilen 60 mM ve 120 mM tuz konsantrasyonu ile kademeli olarak tuz konsantrasyonlarında artış uygulanarak sulanmaya başlanmıştır. Kontrol (tuz stresinin başlatıldığı gün 0. gün) ve 10. gün grupları olarak ikiye ayrılmıştır. Tuz stresi uygulamalarının başlatıldığı ekimden sonraki 30. günde 0. gün (kontrol) grubu bitkilerinin hasadı yapılmış. 10. gün; 10 günlük stres ve bu stres gruplarının kontrol grubuna ait bitkiler hasat edilmiştir. Enzim için alınan numuneler - 80 C°'de analiz yapılmaya kadar bekletilmiştir.

3.2.2. Fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal analizler

3.2.2.1. Bitki ve kök boyu ve yaprak sayısı

Kontrol ve stres gruplarındaki nohut bitkisinin kök tacından sürgün ucuna kadar olan uzunlukları ölçülerek, bitki boyu (mm bitki), kök tacı ile kök ucu arasındaki mesafe kök boyu (mm kök) ve imparipinnat bileşik yaprakları sayılarak bitkideki yaprak sayıları (adet bitki) belirlenmiştir.

3.2.2.2. Taze ve kuru ağırlığın belirlenmesi

Kontrol ve stres gruplarındaki nohut bitkilerinin gövde ve kökleri hasat sırasında tartılarak taze ağırlıkları (gr gövde/kök) belirlenmiştir. Taze ağırlığı belirlenen bitki kısımları, 70 °C'lik etüvde 24 saat sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup, ağırlıkları tartılarak kuru ağırlıkları (gr gövde/kök) saptanmıştır.

3.2.2.3. Klorofil Miktarı

Klorofil içeriği, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile 3 tekerrürde bulunan 6 bitkiden alınan yaprak örnekleri ile yapılmıştır.

3.2.2.4. Lipit Peroksidasyon (MDA) Analizi

Bitkilerde lipid peroksidasyonu malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. Amacına uygun olarak alınacak 0.5 g yaprak örneği 10 ml %0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ile homojenize edilmiş sonra homojenat 15000 devirde 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin berrak kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml %20'lik TCA içerisinde çözülmüş % 0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) katılmıştır. Karışım 95°C'de 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulup 10000 devirde 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra berrak kısımda 532 ve

600 nm dalga boyunda absorbanısı belirlenmiş ve malondialdehit (MDA) içeriği hesaplanmıştır (Heath ve Packer, 1968, Sairam ve Saxena, 2000).

3.2.2.5. Hidrojen peroksit (H₂O₂)

0.25 g bitki dokusu 2.5 ml %1' lik (w/v) TCA'da homojenize edilerek homojenat 12000 x G de 15 dk santrifujden sonra, 0,5 ml süpernatant uzerine 1 ml, 10 mM KH₂PO₄ (pH=7) fosfat tamponu ve 1 ml, 1 M KI ilave edilmiştir. Elde edilen karışımın absorbanısı 390 nm'de ölçölmüştür. Daha sonra hidrojen peroksitten hazırlanan standart grafikten yararlanılarak kontrol ve tuz stresi uygulanan ortamda yetisen bitkilerdeki hidrojen peroksit miktarı belirlenmiştir (Velikova ve ark., 2000).

Standart grafik için 163 µM H₂O₂ stok çözeltisinden sırasıyla 50, 100, 200, 300, 400, 500 ve 700 µl pipetlenmiştir. Her bir tüpe 1 ml 1 M KI ilave edilmiştir. Daha sonra son hacimler 10 mM fosfat tamponu ile 2 ml' ye tamamlanmıştır. Hazırlanan tüplerin absorbanısı 390 nm' de okunarak kaydedilmiştir (Ulus, 2007).

3.2.2.6. Antioksidan enzimlerinin analizi için bitki ekstraktının hazırlanması

Dondurulmuş 0,5 g yaprak örneği 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mM Na-EDTA ve 1 mM askorbik asit karışımı (pH: 7.5) ile homojenize edildikten sonra, homojenat 4 °C'de 30 dakika 18000 G'de santrifüj edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan homojenatta hemen askorbat peroksidaz (AP) aktivitesi belirlenmiştir. Katalaz (KAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerinin belirlenmesi için, 0,5 g dondurulmuş yaprak örneği 5 ml soğuk 0.1 M Na-fosfat, 0.5 mM Na-EDTA karışımı (pH: 7.5) ile homojenize edildikten sonra, homojenat 4 °C'de 30 dakika 18000 G'de santrifüj edilmiştir. Homojenatın bir kısmında hemen KAT aktivitesi belirlenmiş ve SOD belirlemesi için ekstrakt -20 °C'de bekletilmiştir (Jebara ve ark., 2005).

3.2.2.7. Katalaz (KAT) aktivitesi

Katalaz aktivitesi, 240 nm dalga boyunda H₂O₂'nin kaybolmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi olarak 0.05 M fosfat tamponu (KH₂PO₄), 1.5 mM

H₂O₂ karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Jebara ve ark., 2005).

3.2.2.8. Askorbat peroksidaz aktivitesi

Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm dalga boyunda askorbik aside bağlı H₂O₂'in indirgenmesi ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM fosfat tamponu (KH₂PO₄), 0.5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1.5 mM H₂O₂ karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 3 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 290 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.2 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Sairam ve ark., 2005).

3.2.2.9. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi

Nitroblue tetrazolium'un (NBT) 560 nm dalga boyunda inhibisyonu ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM Na-fosfat tamponu (Na₂HPO₄ x 2H₂O), 0.1 mM Na- EDTA, 33 µM NBT, 5 µM riboflavin, 13 mM methionin karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Reaksiyon 25 °C'de 75 µmol m⁻² s⁻¹ (40 W) ışık altında 10 dakika bekletilerek sağlanmıştır. Kontrol çözeltisi enzimsiz olarak karanlıkta aynı süre bekletilmiştir. Kontrol ve Reaksiyon çözeltisi 560 nm'de okunmuştur. SOD aktivitesi ünite olarak NBT'un %50'sini indirgeyen aktivite olarak belirlenmiştir (Rahnama ve Ebrahimzadeh 2005).

3.2.3. İstatistiksel analiz

Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulan denemede, elde edilen bulguların istatistiksel analizleri SPSS 18.0 paket programı ile belirlendikten sonra

uygulanmalara ait ortalamalar arası farkın önemliliği Duncan çoklu karşılaştırma testi ile ($P \leq 0,05$) yapılmıştır.

4. BULGULAR

Tuz stresinin PGPR ile Bio-Priming uygulanan Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisinde büyüme parametreleri incelenmiş, antioksidan enzim, Lipit Peroksidaz (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H_2O_2) analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki başlıklar altında sunulmuştur.

4.1. Bitki Boyu

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.1.'de, bitki boyuna ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait bitki boyu varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	46,579	15,772*
Hata	160	2,952	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

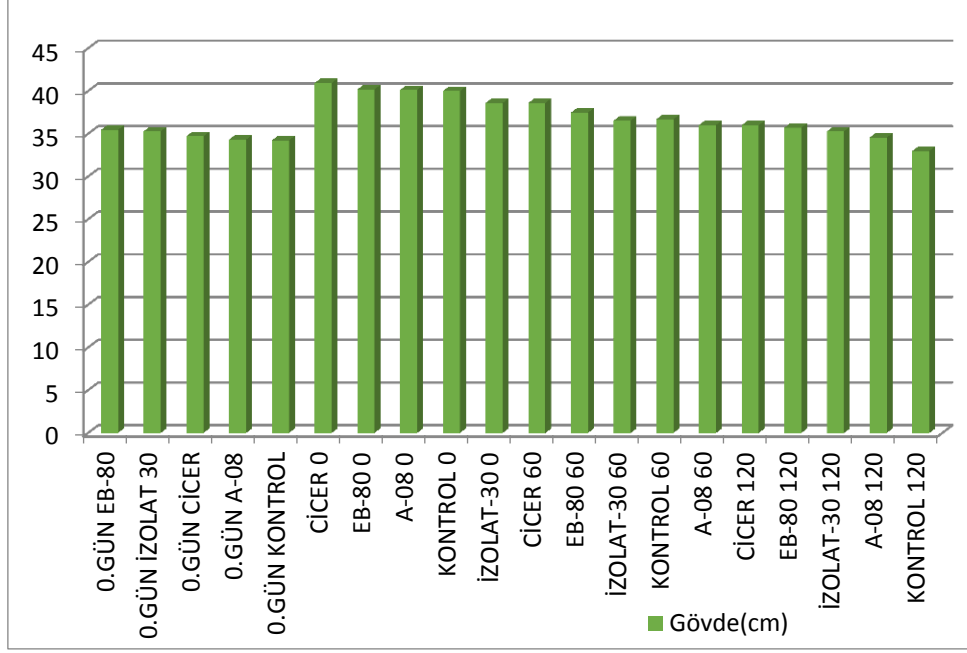
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre bitki boyu açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.2. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait bitki boyu ortalamaları ve oluşan duncan grupları (cm)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	33.23 gh	40.00 ab	36.70 de	33.50 h
A-08	34.33 gh	40.13 ab	36.03 defg	34.57 gh
Cicer	34.72 fgh	40.94 a	37.49 cd	36.01 defg
EB-80	35.44 efg	40.19 ab	36.91 de	35,71 defg
İzolat 30	35.29 efg	38.6. bc	36.54 def	35.29 efg

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde bitki boyu ortalamaları 40,94-33 cm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.2). Çalışmada en uzun gövde boyu Cicer kodlu bakteri ile yapılan bio-priming uygulamasından (40,94 cm) elde edilmiştir. Tuzdan en fazla etkilenen bio-priming uygulaması yapılmayan ve 120 mM tuz stresi uygulanan 33 cm gövde boyu ile kontrol gurubu olmuştur. 0. gün kontrol grupları ile 10. gün kontrol grupları incelendiğinde kontrol grubunun strese maruz kalmadığı ve büyümeye devam ettiği görülmektedir. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla gövde boyunu arttırdığı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidine ait gövde boyu ortalamaları histogramı (cm).

4.2. Kök Boyu

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3.'de, kök boyuna ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kök boyu varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	37,291	13,891*
Hata	160	2,685	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

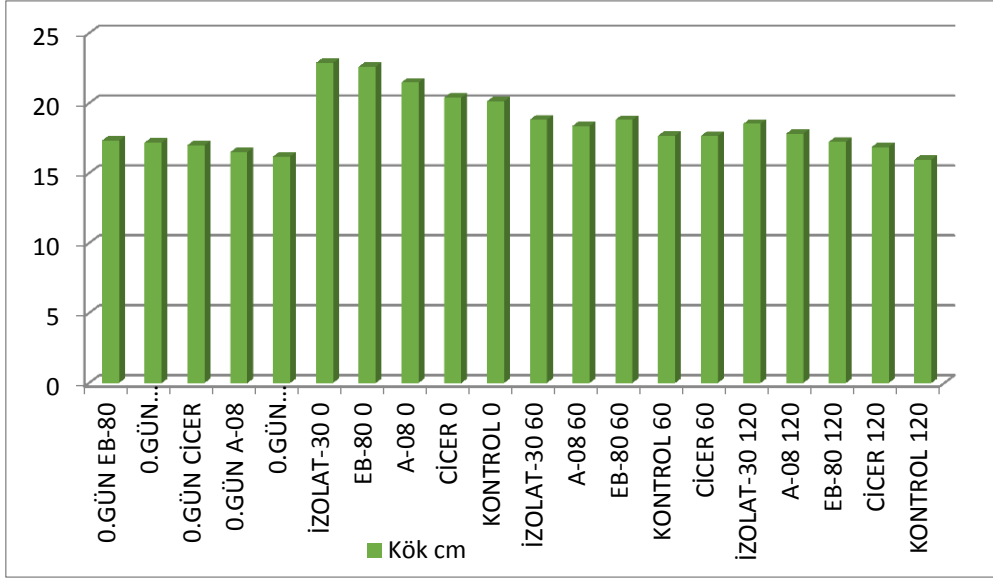
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kök boyu açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kök boyu ortalamaları ve oluşan duncan grupları*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	16.19 gh	20.14 bcd	17.68 efgh	15.97 h
A-08	16.50 gh	21.49 ab	18.38 ef	17.82 efg
Cicer	17.00 fgh	20.40 bc	17.66 efgh	16.87 fgh
EB-80	17.32 efgh	22.61 a	18.81 cde	17.24 efgh
İzolat 30	17.19 efgh	22.88 a	18.82 cde	18.53 def

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde kök boyu ortalamaları 22,88–15,97 cm arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.4). Çalışmada en uzun kök boyu İzolat-30 kodlu bakteri ile yapılan bio-priming uygulamasından elde edilmiştir. Tuzdan en fazla etkilenen 120 mM kontrol gurubunda, İzolat-30'un kontrol uygulamasına oranla kök boyunda %30,21 azalma olmuştur. İzolat-30 kodlu bakteriyle yapılan Bio-priming uygulamasında kök boyu kontrol gurubuna göre 120 mM tuz stresinde %13,85, 60 mM tuz stresinde %6,08, hiç tuz stresi oluşturulmayan grupta (0 doz) ise %11,95 oranında artış meydana gelmiştir. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin kök boyu ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) kök boyu arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Bio priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla kök boyunu arttırdığı Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidine ait kök boyu ortalamaları histogramı (cm).

4.3. Yaş Gövde ve Kök Ağırlığı

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5.'de, yaş gövde ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.6.'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş gövde varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	3,942	24,378*
Hata	160	0,162	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

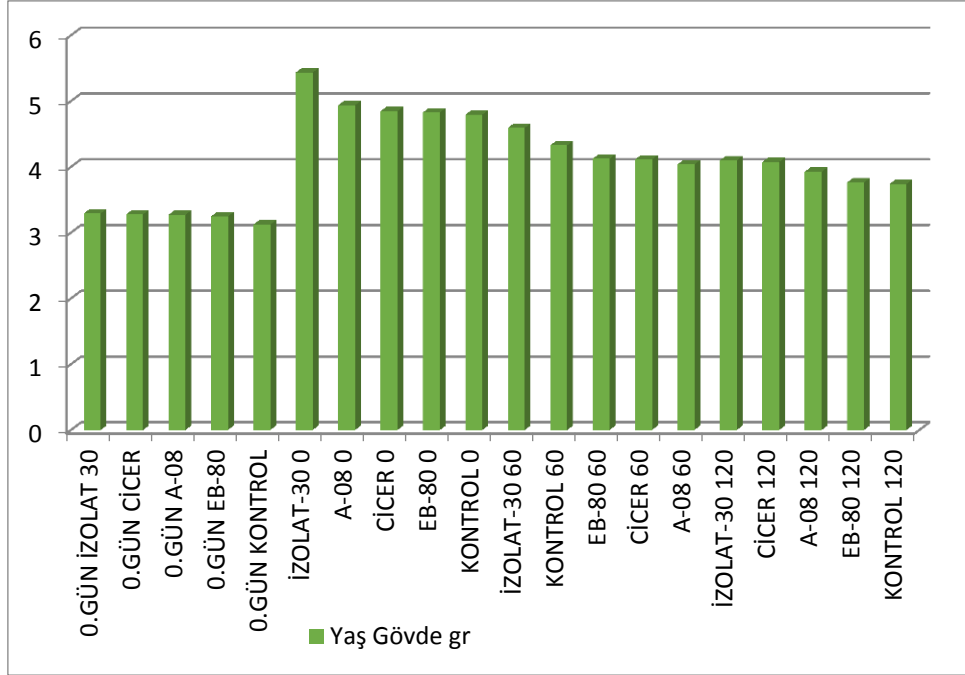
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre yaş gövde ağırlığı açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş gövde ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları (gr)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 Mm NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	3.12 f	4.79 b	4.33 cd	3.74 e
A-08	3.27 f	4.94 b	4.04 de	3.93 de
Cicer	3.28 f	4.85 b	4.11 de	4.07 de
EB-80	3.25 f	4.83 b	4.12 de	3.76 e
İzolat 30	3.29 f	5.43 a	4.59 bc	4.10 de

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde yaş gövde ağırlığı ortalamaları 5,43–3,12 gr arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.6). Çalışmada en fazla yaş gövde ağırlığı İzolat-30 kontrol (0) uygulamasında alınırken, en az ağırlık 0.gün Kontrol gurubundan alınmıştır.İzolat 30 kontrol (0) uygulamasına kıyasla 0. gün kontrol bitkilerinde %42,53 oranında azalma olmuştur.Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında , Kontrol 120 mM tuz stresinde İzolat-30'un 120 mM yaş gövde ağırlığına oranla %8,76 azalma olmuştur. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait yaş gövde ağırlığı ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) yaş gövde ağırlığı arasında ki fark büyüme ve gelişmenin devam etmesinden kaynaklanmıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla yaş gövde ağırlığını arttırdığı Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş gövde ağırlığı ortalamaları histogramı (gr).

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7.'de, yaş kök ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş kök ağırlığı varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	0,908	10,368*
Hata	160	0,087	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

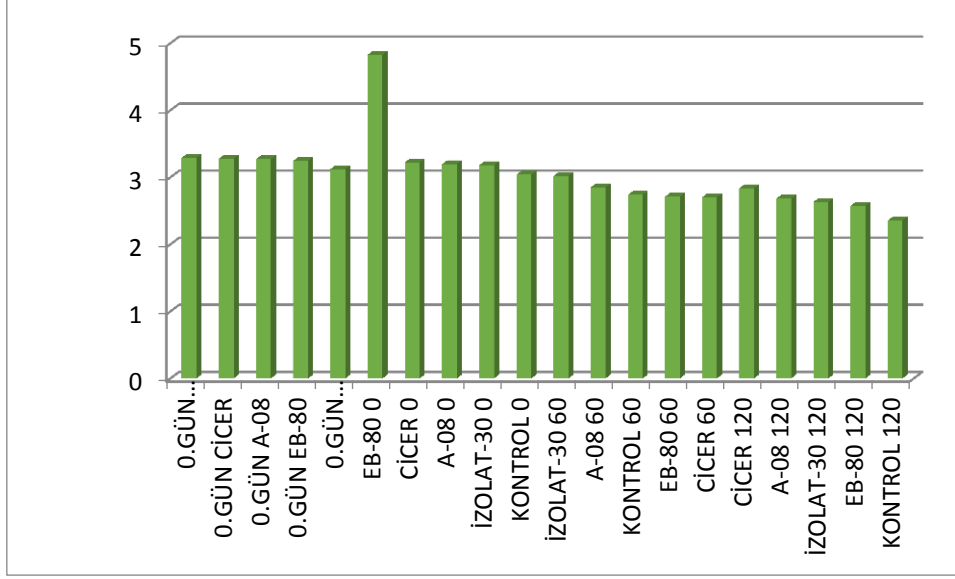
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre yaş kök ağırlığı açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş kök ağırlığı ortalamaları ve oluşan duncan grupları*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	2.52 efg	3.04 bc	2.74 cdef	2.36 g
A-08	2.65 efg	3.20 b	2.84 cde	2.68 ef
Cicer	2.56 efg	3.22 b	2.70 ef	2.84 cde
EB-80	2.47 fg	3.66 a	2.71 def	2.58 efg
İzolat 30	2.73 cdef	3.18 b	3.02 bcd	2.63 efg

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde yaş kök ağırlığı ortalamaları 3,66–2,36 gr arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.8). Çalışmada en fazla yaş kök ağırlığı EB-80 kontrol (0) uygulamasında alınırken, en az ağırlık Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerden alınmıştır. EB-80 kontrol (0) uygulamasına kıyasla Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde %35,68 oranında azalma olmuştur. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, Kontrol 120 mM tuz stresinde EB-80 120 mM tuz uygulamasında ki yaş kök ağırlığına oranla %16,96 azalma olmuştur. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait yaş kök ağırlığı ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol guruplarının (0. gün) yaş kök ağırlığı arasında ki fark büyüme ve gelişmenin devam etmesinden kaynaklanmıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla yaş kök ağırlığını arttırdığı Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık- 05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaş kök ortalamaları histogramı (gr).

4.4. Yaprak Sayısı

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre yaprak sayısı açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaprak sayısı varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	395,046	58,574*
Hata	160	6,744	
Genel	179		

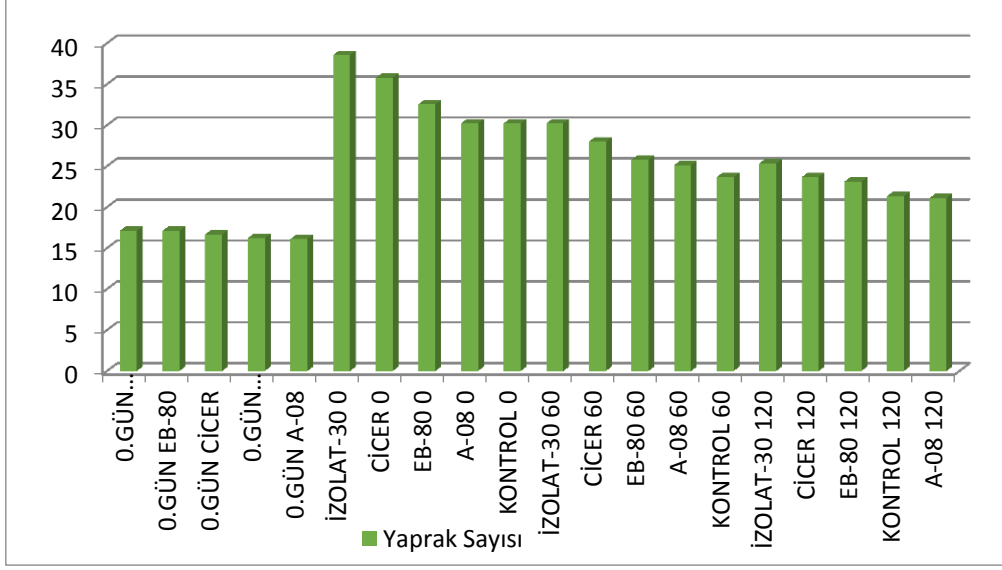
*P<0.05 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.10. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait yaprak sayısı ortalamaları ve oluşan duncan grupları*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	16.22 h	30.22 cd	23.67 fg	21.33 g
A-08	16.11 h	30.22 cd	25.11 f	21.11 g
Cicer	16.67 h	35.78 b	28.00 de	23.67 fg
EB-80	17.11 h	32.56 c	25.78 ef	23.11 fg
İzolat 30	17.11 h	38.56 a	30.22 cd	25.33 f

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde yaprak sayısı ortalamaları 38,56–16,11 gr arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.10). Çalışmada en fazla yaprak sayısı İzolat 30 kontrol (0) uygulamasından alınırken, en az yaprak sayısı 0.gün A-08 Kontrol bitkilerden alınmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile bio-priming yapılan İzolat 30 120 mM uygulamasına kıyasla yaprak sayısı Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde %15,79 oranında azalmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait yaş gövde ağırlığı ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol guruplarının (0. gün) yaş gövde ağırlığı arasında ki fark büyüme ve gelişmenin devam etmesinden kaynaklanmıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla yaprak sayısını arttırdığı Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine yaprak sayısı ortalamaları histogramı.

4.5. Klorofil Miktarı

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre klorofil açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait klorofil miktarı varyans analiz sonuçları (SPAD)

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	191,855	56,667*
Hata	160	3,386	
Genel	179		

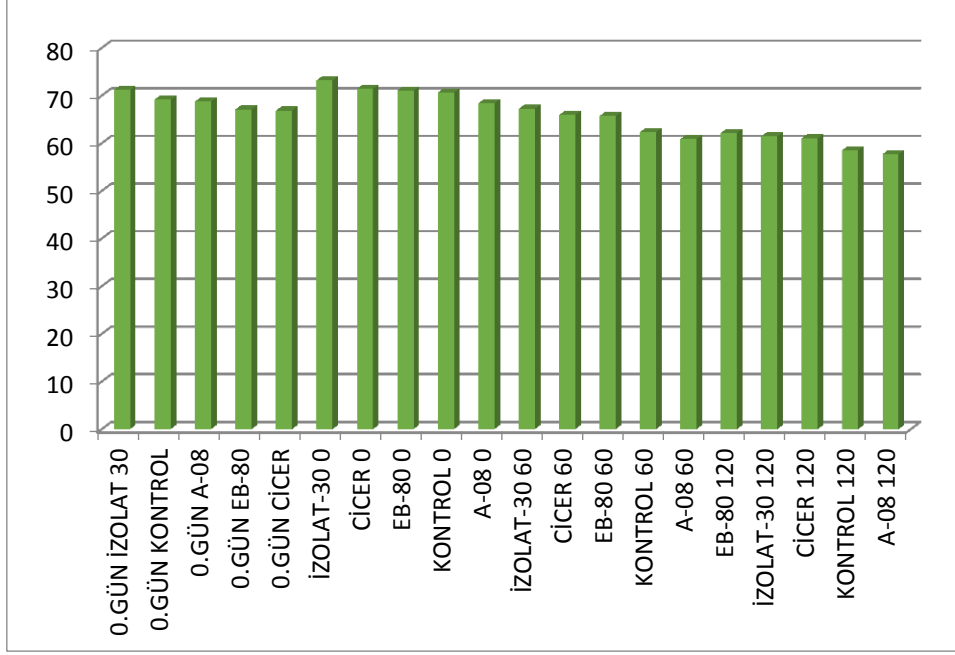
*P<0.05 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.12. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait klorofil miktarı ortalamaları ve oluşan duncan grupları (SPAD)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	69.13 cd	70.62 bc	62.33 g	58.11 h
A-08	68.73 de	68.37 de	60.88 g	57.69 h
Cicer	66.83 ef	71.39 b	65.92 f	61.03 g
EB-80	67.08 ef	71.02 b	65.70 f	62.16 g
İzolat 30	71.17 b	73.17 a	67.22 ef	61.44 g

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde klorofil ortalamaları 73,17–57,69 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.12). Çalışmada en fazla klorofil miktarı İzolat 30 kontrol (0) uygulamasında alınırken, en az ağırlık A-08 ve Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerden alınmıştır. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde klorofil miktarı İzolat-30 Kontrol (0) bitkilerine göre %20,03 oranında azalmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile bio-priming yapılan EB-80 120 mM uygulamasına kıyasla klorofil miktarı Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde %5,87 oranında azalmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol gruplarına ait klorofil ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) klorofil miktarı (Spad değeri) arasında ki fark önemli bulunmamıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla klorofil miktarının Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait klorofil ortalamaları histogramı (SPAD).

4.6. Kuru gövde ve kök ağırlığı

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13.'de, kuru gövde ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.14.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kuru gövde varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	0,070	22,834*
Hata	160	0,003	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

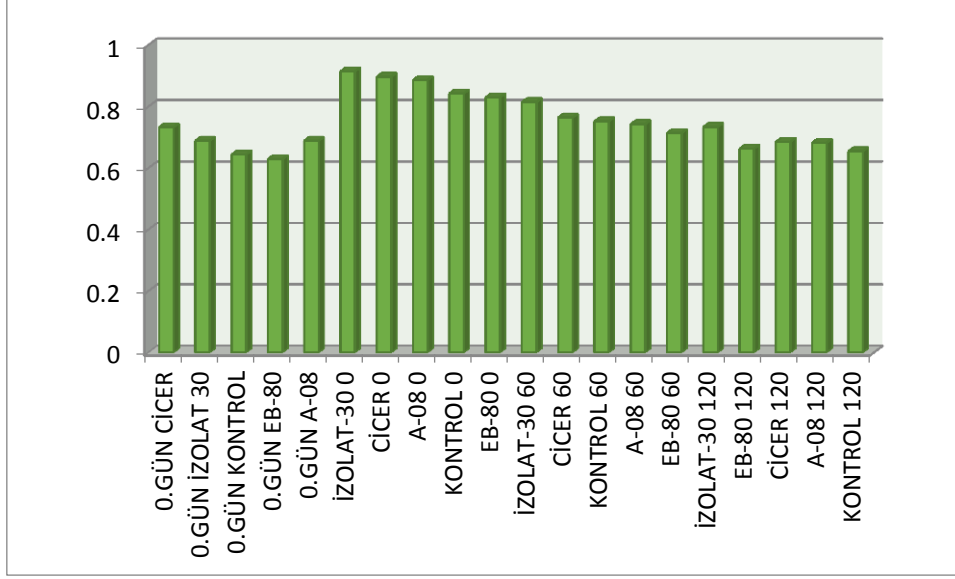
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kuru gövde ağırlığı açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kuru gövde ortalamaları ve oluşan duncan grupları (gr)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	0.64 i	0.84 bc	0.75 e	0.66 i
A-08	0.69 fghi	0.89 ab	0.74 ef	0.68 ghi
Cicer	0.73 efg	0.90 a	0.76 de	0.69 fghi
EB-80	0.63 i	0.83 c	0.71 efgh	0.66 hi
İzolat 30	0.69 fghi	0.91 a	0.82 cd	0.73 efg

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde kuru gövde ağırlığı ortalamaları 0,91–0,63 gr arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.14). Çalışmada en yüksek kuru gövde ağırlığı İzolat-30 kontrol (0) uygulamasından alınırken, en az ağırlık 0.gün EB-80 gurubundan alınmıştır.İzolat 30 kontrol (0) uygulamasına kıyasla 0. gün EB80 bitkilerinde kuru gövde ağırlığı %31,20 oranında azalmıştır.Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında , Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde kuru gövde ağırlığı, İzolat-30'un 120 mM tuz stresindeki kuru gövde ağırlığına oranla %14,85 azalmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait kuru gövde ağırlığı ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol guruplarının (0. gün) kuru gövde ağırlığı arasında ki fark 10 gün boyunca büyüme ve gelişmenin devam etmesinin sonucudur. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla kuru gövde ağırlığını arttırdığı Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi kuru gövde ağırlığı ortalamaları histogramı (gr).

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15.'de, kuru kök ağırlığına ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.16.'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kuru kök varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	0,002	16,605*
Hata	160	0,00	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

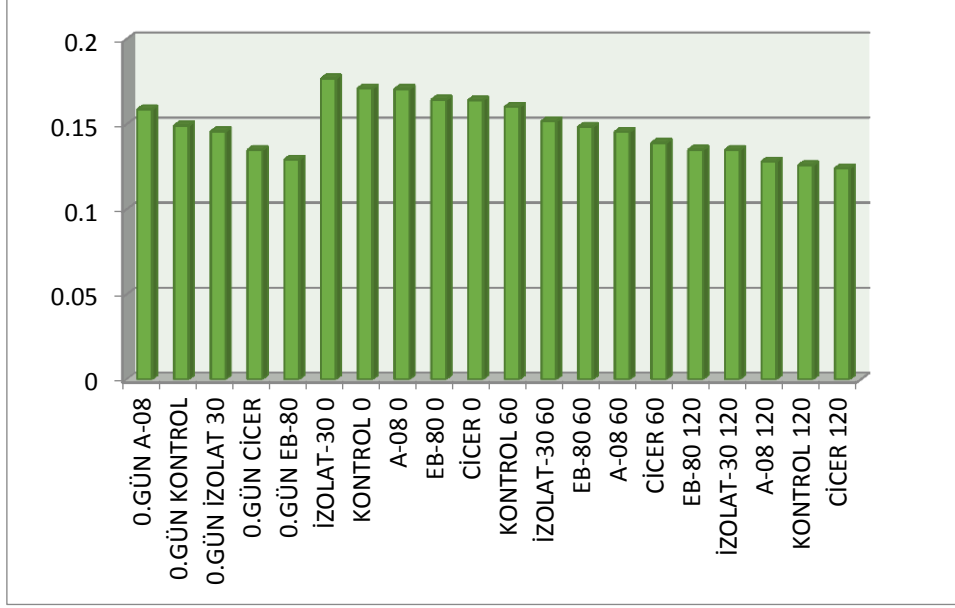
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kuru kök ağırlığı açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.16. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait kuru kök ortalamaları ve oluşan duncan grupları (gr)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	0.149 cd	0.171 ab	0.160 bc	0.126 g
A-08	0.158 bc	0.171 ab	0.146 de	0.128 fg
Cicer	0.135 efg	0.164 b	0.139 def	0.124 g
EB-80	0.129 fg	0.164 b	0.149 cd	0.135 efg
İzolat 30	0.146 de	0.177 a	0.152 cd	0.135 efg

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde kuru kök ağırlığı ortalamaları 0,177–0,124 gr arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.16). Çalışmada en yüksek kuru kök ağırlığı İzolat-30 kontrol (0) uygulamasından alınırken, en az ağırlık Cicer kontrol (0) gurubundan alınmıştır. İzolat 30 kontrol (0) uygulamasına kıyasla Cicer kontrol (0) bitkilerinde kuru kök ağırlığı %29,85 oranında azalmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde kuru kök ağırlığı, EB-80'nin 120 mM tuz stresindeki kuru kök ağırlığına oranla %6,74 azalmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait kuru gövde ağırlığı ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) kuru kök ağırlığı arasında ki fark 10 gün boyunca büyüme ve gelişmenin devam etmesinin sonucudur. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla kuru kök ağırlığını arttırdığı Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi kuru kök ağırlığı ortalamaları histogramı (gr).

4.7. MDA

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.17.'de, MDA birikmesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.18.'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait MDA varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	110,108	73,053*
Hata	160	1,507	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

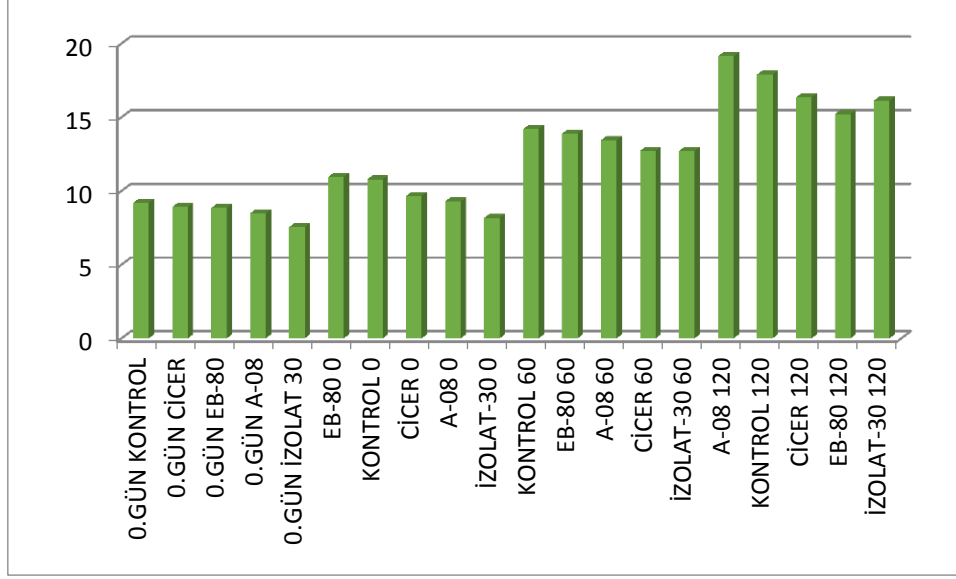
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre MDA birikimi açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait MDA ortalamaları ve oluşan duncan grupları ($\text{nmol g}^{-1} \text{ T.A}$)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	9.19 ij	10.78 gh	14.19 de	17.89 b
A-08	8.48 ijk	9.29 ij	13.45 ef	19.14 a
Cicer	8.91 ij	9.66 hi	12.72 f	16.34 c
EB-80	8.84 ij	10.95 g	13.89 ef	15.21 cd
İzolat 30	7.55 k	8.17 jk	12.72 f	16.13 c

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde MDA miktarı ortalamaları 19,14–7,55 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.18). Çalışmada en fazla MDA birikimi A-08 120 mM ve Kontrol 120 mM tuz uygulamasında tespit edilirken , en az birikim İzolat-30 0.gün kontrol gurubu bitkilerden tespit edilmiştir. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde MDA birikimi, EB-80 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %17,62 oranında artmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasında A-08 kodlu bakteri uygulaması hariç, Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilere kıyasla diğer bakteri gruplarında MDA birikimi %17,62 ile %9,47 oranında azalmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait MDA birikimi ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) MDA birikimi arasında ki fark önemli bulunmamıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla MDA miktarını azalttığı Şekil 4.9’de gösterilmiştir.



Şekil 4.9. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi MDA ortalamaları histogramı (nmol g⁻¹ T.A.).

4.8. Askorbat Peroksidaz (APX)

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19.'de, Askorbat peroksidaz aktivitesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine APX etkisine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	7,356	23,472*
Hata	160	0,313	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

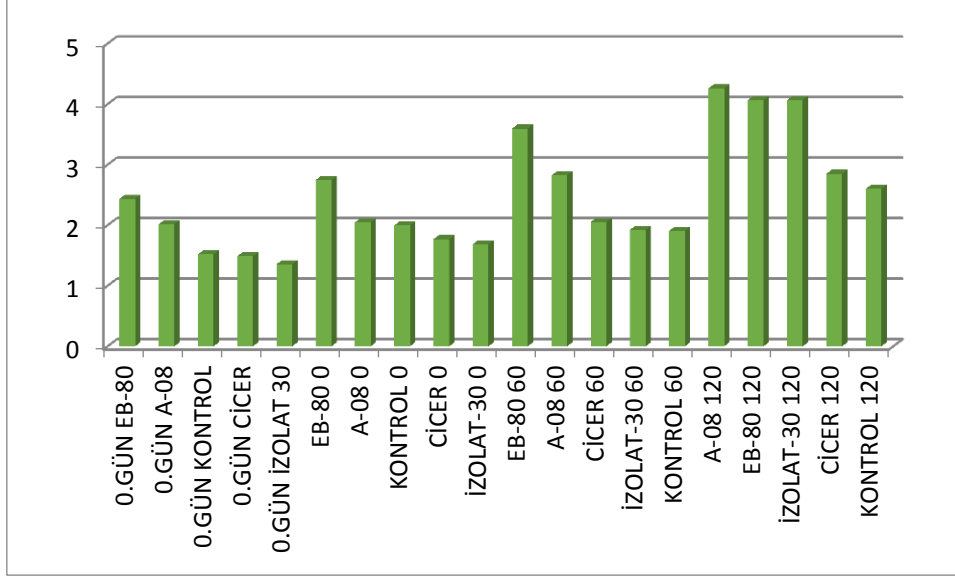
Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre APX aktivitesi açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.20. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait APX ortalamaları ve oluşan duncan grupları ($\text{mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da.}^{-1}$)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	1.52 fg	2.00 ef	1.91 efg	2.60 cd
A-08	2.02 ef	2.05 def	2.82 c	4.26 a
Cicer	1.49 fg	1.77 fg	2.05 def	2.85 c
EB-80	2.43 cde	2.75 c	3.60 b	4.06 ab
İzolat 30	1.35 g	1.69 fg	1.93 efg	4.06 ab

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde Askorbat peroxidaz enzim miktarı ortalamaları 4,26–1,35 $\text{mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.20). Çalışmada en fazla APX aktivitesi A-08 120 mM tuz uygulamasında tespit edilirken , en az birikim İzolat-30 0.gün kontrol gurubu bitkilerinden tespit edilmiştir. A-08 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde APX aktivitesi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %39,01 oranında artmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasında, EB-80 bakterisiyle yapılan bio-priming uygulamasında 60 mM tuz stresindeki bitkilerde, Kontrol 60 mM tuz stresindeki bitkilerine kıyasla Askorbat peroksidaz aktivitesi %53,09 artmıştır.10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol gruplarına ait APX aktivitesi ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) APX aktivitesi arasında ki fark önemli bulunmamıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla APX aktivitesini arttırdığı Şekil 4.10’de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait APX ortalamaları histogramı (mmol g⁻¹ Y.A/da.⁻¹).

4.9. Katalaz (CAT)

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21.'de, Katalaz aktivitesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.22.'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine KAT etkisine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	2,498	16,536*
Hata	160	0,151	
Genel	179		

*P<0.05 düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Katalaz enzim aktivitesi açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming

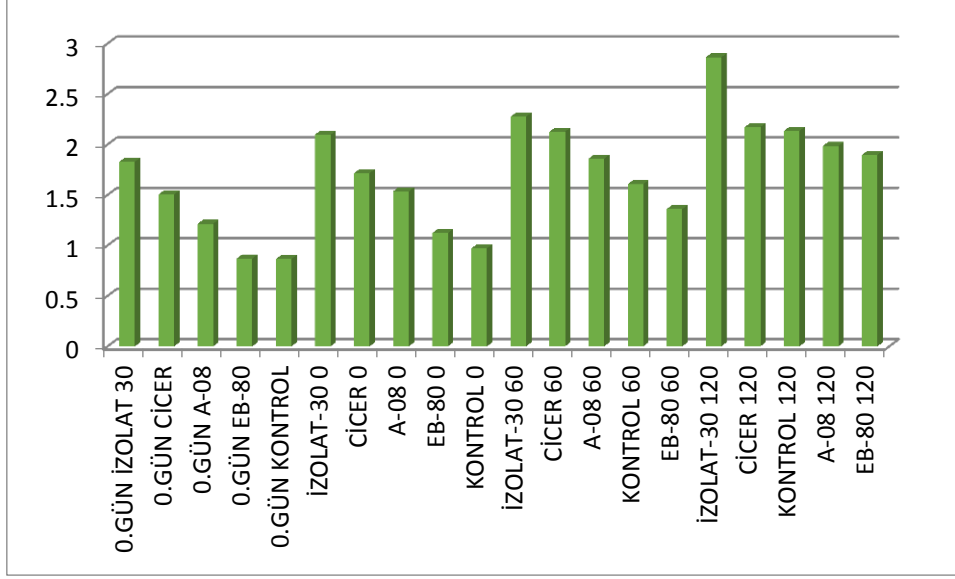
uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.22. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait KAT ortalamaları ve oluşan duncan grupları ($\text{mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da.}^{-1}$)*

Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	0.86 k	0.97 jk	1.61 efgh	2.13 bcd
A-08	1.21 hijk	1.54 fgh	1.86 bcdef	1.99 bcde
Cicer	1.50 fghi	1.72 defg	2.13 bcd	2.17 bc
EB-80	0.87 k	1.12 ijk	1.36 ghij	1.90 bcdef
İzolat 30	1.83 cdef	2.10 bcd	2.27 b	2.86 a

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde Katalaz enzim aktivitesi ortalamaları $2,86-0,86 \text{ mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.22). Çalışmada en fazla KAT aktivitesi İzolat-30 120 mM tuz uygulamasında tespit edilirken, en az birikim 0.gün Kontrol gurubu bitkilerinde tespit edilmiştir. İzolat 30 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde KAT aktivitesi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %25,47 oranında artmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasında, Kontrol 60 mM tuz stresindeki bitkilere kıyasla İzolat-30 60 mM tuz stresindeki bitkilerde Katalaz aktivitesi ise %29,38 artmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol gruplarına ait KAT aktivitesi ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) KAT aktivitesi arasında ki fark önemli bulunmamıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla Katalaz aktivitesini arttırdığı Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait KAT ortalamaları histogramı ($\text{mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da.}^{-1}$).

4.10. Süperoksit dismutaz (SOD)

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23.'de, SOD aktivitesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.24.'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait SOD varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	145128,542	8,509*
Hata	160	17054,9	
Genel	179		

* $P < 0.05$ düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-

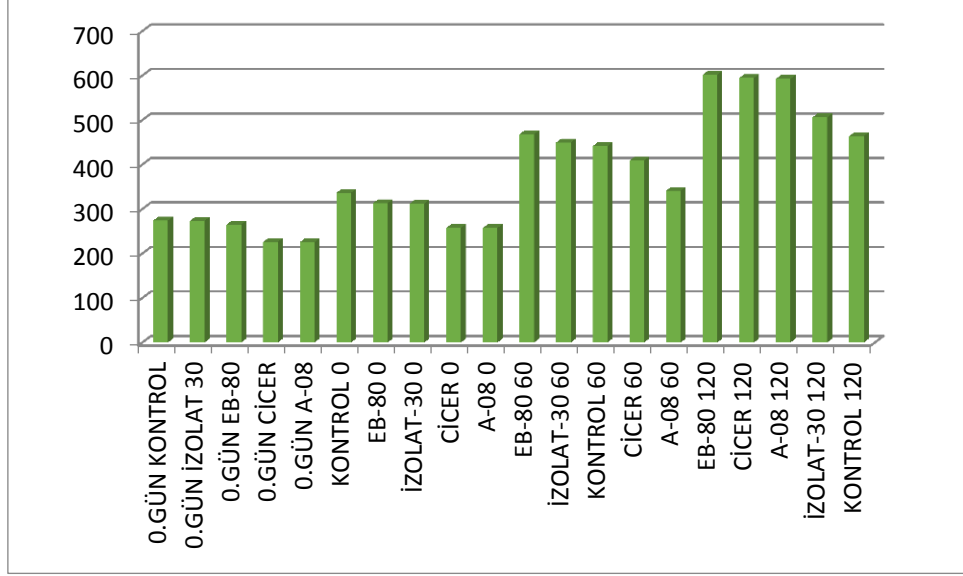
priming uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.24. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait SOD ortalamaları ve oluşan duncan grupları (Unite $g^{-1}Y.A$)*

	Uygulamalar			
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	274.33 fg	336.42 defg	441.51 cde	463.80 bcd
A-08	225.44 g	257.47 g	341.16 defg	592.63 ab
Cicer	226.11 g	257.58 g	408.60 cdef	594.59 ab
EB-80	265.11 g	313.178 efg	468.18 abcd	601.90 a
İzolat 30	273.44 fg	312.19 efg	449.50 cde	506.10 abc

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi ortalamaları 601,90-225,44 $U g^{-1}Y.A$ arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla SOD aktivitesi EB-80 120 mM tuz uygulamasında tespit edilirken , en az enzim aktivitesi 0.gün A-08 kodlu bakteri ile bio-priming uygulanan bitkilerde tespit edilmiştir. EB-80 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde SOD aktivitesi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %22,94 oranında artmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasında, Kontrol 60 mM tuz stresindeki bitkilere kıyasla EB-80 60 mM tuz stresindeki bitkilerde Süperoksit dismutaz aktivitesi %5,7 artmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol guruplarına ait SOD aktivitesi ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol guruplarının (0. gün) SOD aktivitesi arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla SOD aktivitesini arttırdığı Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait SOD ortalamaları histogram (Unite g^{-1} Y.A).

4.11. Hidrojen peroksit (H_2O_2)

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25.'de, H_2O_2 birikmesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları Çizelge 4.26.'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H_2O_2 varyans analiz sonuçları

VK	SD	KO	F
Bakteri	19	21,075	93,546*
Hata	160	0,225	
Genel	179		

* $P < 0.05$ düzeyinde önemli.

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre H_2O_2 birikimi açısından tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 çeşidi üzerine PGPR ile yapılan bio-priming

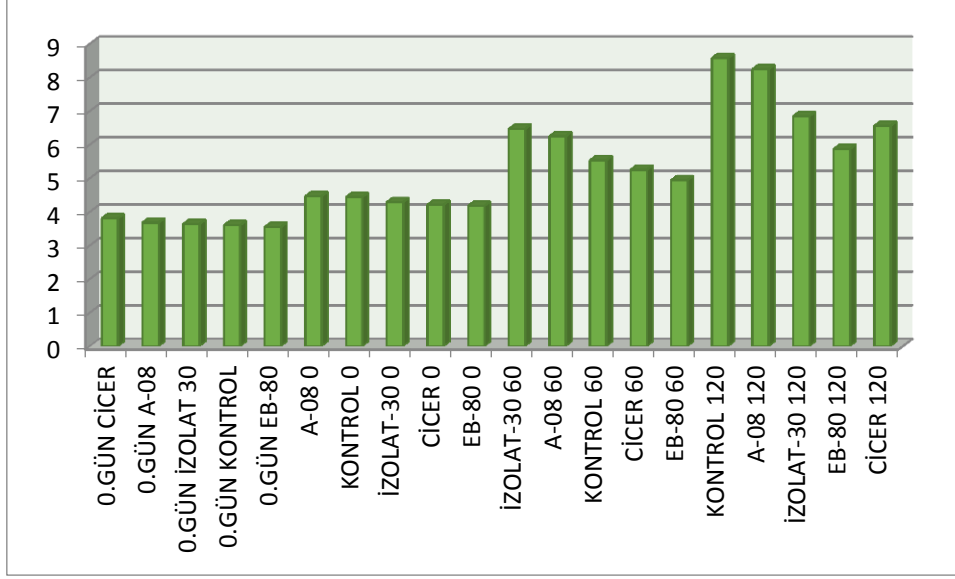
uygulamaları arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde fark bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.26. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H_2O_2 ortalamaları ve oluşan duncan grupları ($\mu\text{mol g}^{-1}$ T.A)*

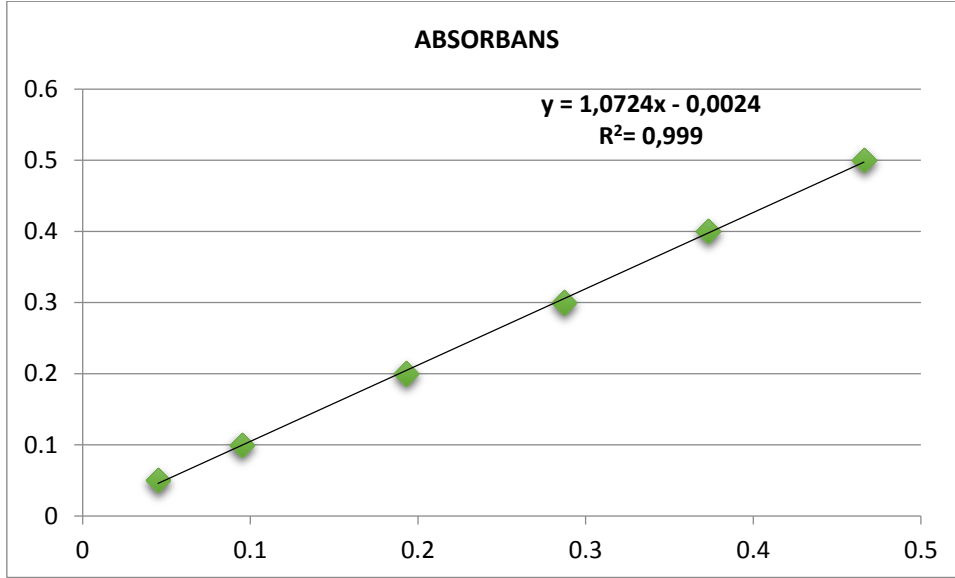
Uygulamalar				
	0. Gün	0 mM NaCl	60 mM NaCl	120 mM NaCl
Kontrol	3.60 j	4.44 h	5.54 ef	8.58 a
A-08	3.68 j	4.47 h	6.25 cd	8.25 a
Cicer	3.81 ij	4.22 hi	5.25 fg	6.56 bc
EB-80	3.55 j	4.18 hi	4.94 g	5.87 de
İzolat 30	3.64 j	4.29 hi	6.47 bc	6.85 b

*Aynı harfler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde Hidrojen peroksit miktarı ortalamaları 8,58-3,55 $\mu\text{mol g}^{-1}$ Y.A arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla H_2O_2 birikimi Kontrol 120 mM ve A-08 120 mM tuz uygulamasında tespit edilirken , en az birikim EB-80 0.gün kontrol gurubu bitkilerden tespit edilmiştir. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde H_2O_2 birikimi, EB-80 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %31,57 oranında artmıştır. Kontrol 60 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde ise H_2O_2 birikimi, EB-80 60 mM tuz uygulanan bitkilere göre %10,71 oranında artmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasında A-08 kodlu bakteri uygulaması hariç, Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilere kıyasla diğer bakteri+120 mM tuz uygulanan gruplarda H_2O_2 birikimi %23,55 ile %20,20 oranında azalmıştır. 10 günlük tuz stresine maruz bırakılan Işık-05 nohut çeşidinin Kontrol gruplarına ait H_2O_2 birikimi ile stresin başladığı gün hasat edilen kendi kontrol gruplarının (0. gün) H_2O_2 birikimi arasında ki fark önemli bulunmamıştır. Bio-priming uygulamasının tuz stresi altındaki nohut bitkisinde kontrol gurubuna kıyasla H_2O_2 birikimini arttırdığı Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H₂O₂ ortalamaları histogramı (μmol g⁻¹ T.A.).



Şekil 4.14 PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisine ait H₂O₂ Standart Küre histogramı (μmol g⁻¹ T.A.).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitkiler en iyi gelişimi kendileri için optimum olan koşullarda gösterirler. Normal metabolizmanın esnekliğine bağlı olarak, bitkiler günlük ve mevsimlik değişimler karşısında büyümelerini devam ettirebilmelerine rağmen, beklenmedik bir koşula sürekli veya zaman zaman maruz kalmaları sonucunda, gelişimlerini ve hayatta kalmalarını etkileyecek hastalıklar, hasarlar veya fizyolojik değişimler meydana gelebilir (Shao ve ark., 2008). Bu elverişsiz şartlara sebep olan faktörlere “stres” denir.

Yeryüzünde 800 milyon ha’dan fazla alanın tuzdan etkilendiği (Türkan ve Demiral, 2009) ve bu alanlara her yıl tuzdan zarar gören 2 milyon ha tarım arazisinin katıldığı düşünüldüğünde (Tuteja, 2007) tuz stresi en önemli tarımsal sorunlardan biridir.

Nohut (*Cicer arietinum* L.) kültüre alınmış ilk yemeklik baklagil bitkilerindendir. Dünya’da fasulye ve bezelyeden sonra en çok yetiştirilen üçüncü yemeklik tane baklagil bitkisidir. Son yıllarda, nohut ekiminin, üretiminin ve veriminin önemli derecede azaldığı bilinen bir gerçektir. Nohut verim ve kalitesindeki bu önemli düzeydeki azalmanın birçok sebebinin olmasının yanında bunlardan en önemlisi nohut bitkisinin büyüme ve gelişim sırasında karşı karşıya kaldığı biyotik (*Ascochyta rabiei*), kuraklık ve tuzluluk faktörlerden kaynaklandığı yadsınamaz bir gerçektir. Dünyada verimli toprakları kuşatan tuz stresi, bitkilerin gelişimin, yapısal, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olarak etkilemektedir. Bu çalışmada, tuz stresine maruz kalan bitkilerde tuz stresinin olumsuz etkisini azaltmak için yapılacak olan bio- priming uygulamasının bitki gelişimi, lipit peroksidaz, hidrojen peroksit ve antioksidan aktivitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bununla nohut bitkisi için tuz stresinin zararlı etkilerinin en aza indirilmesinde PGPR’ların kullanılabilirliği ortaya konulmuş, morfolojik, ve biyokimyasal açıdan sorgulanmıştır.

Bu çalışmada PGPR ile Bio-Priming uygulanan Işık-05 nohut çeşidi üzerine etkisinde büyüme parametrelerinden gövde boyu sonuçlarına bakıldığında, tuzdan en fazla etkilenen bio-priming uygulaması yapılmayan ve 120 mM tuz stresi uygulanan 33 cm gövde boyu ile Kontrol gurubu olmuştur. Cicer kodlu bakteriyle aşıl原因an 120 mM tuz stresi uygulanan bitkilere oranla Kontrol 120 mM gövde boyu %8,36 azalmıştır. Karakullukçu (2007)’de bazı nohut çeşitleri üzerinde yaptığı çalışmada Aydın-92 nohut çeşinde toprak

üstü uzunluğunun kontrol uygulamasında 37,92 cm iken 60 Mm tuz uygulamasında 33,54 cm olduğunu tespit etmiştir. Soğuk stresi uygulanan başka bir çalışmada da Gökçe nohut çeşidinde gövde uzamasının kendi kontrol grubuna kıyasla %23,6 oranında azaldığı bildirilmiştir (Turhan, 2007).

Tuz stresi, hücre bölünmesini ve uzamasını etkileyerek, bitkilerde kök ve gövdede hücre sayısının, mitotik aktivitenin ve hücre bölünme oranının azalmasına neden olur (Burssens ve ark., 2000). Buna bağlı olarak bitkinin gövde ile kök uzunluğunda ve ağırlığında azalma meydana gelir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Yüksek tuz konsantrasyonlarında, tüm bitki türleri belirgin büyüme inhibisyonları göstermesine karşın, büyüme ve üretkenlik açısından türler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (Munns, 2000). Elkoca (1997), Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)’de tuza dayanıklılık üzerine yaptığı çalışmada bitki üzerindeki tuzluluğun etkisinin bitkinin tür ve çeşitlerine göre değişik gösterebileceğini, Yokoi (2002) ise bitki boyunun tuzluluk miktarındaki artışa bağlı olarak azaldığını tespit etmiştir.

PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde ise kök boyu ortalamaları 22,88–15,97 cm arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en uzun kök boyu PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasından elde edilmiş ve Kontrol 120 mM tuzdan en fazla etkilenen grubu oluşturmuştur. 120 mM tuz uygulamalarında Kontrol grubu bitkilerinde İzolat-30 grubu bitkilerine göre kök boyu %13,85 oranında azalmıştır. Bitki gelişimini uyanan bakteriler; tohum çimlenmesi, kök gelişimi, bitkinin sudan yararlanmasını sağlaması gibi önemli özellikleri göstermektedir (Siddiqui, 2006). Kalefetoğlu (2006), nohut çeşit ve hatlarda kuraklık stresi üzerine yaptığı bir çalışmada kuraklığın artmasıyla kök büyümesi ve kök uzunluğunun, taze ve kuru ağırlığının önemli derecede azaldığını, ayrıca AkN 87 nolu hattın gövde uzunluğunun ve yaprak sayısının kendi kontrol grubuna göre %22 oranda düştüğünü bildirmiştir. Karakullukçu (2007)’da Aydın-92 nohut çeşidinde kontrol kök uzunluğunu 14,79 cm, 60 mM tuz stresinde 12,82 cm tespit etmiştir. Aynı çeşidin toprak üstü yaş ağırlığı, toprak üstü kuru ağırlığı ve kök ağırlığı Kontrolde sırasıyla 26,50 gr, 5,680 gr ve 1,613 gr, 60 mM tuz stresinde sırasıyla 23 gr, 3,933 gr 0,838 gr tespit etmiştir. Nohut çeşitve hatların soğuk stresine karşı toleransının araştırıldığı bir çalışmada soğuk stres uygulamasının gövde büyümesi, yaprak sayısı ve kuru ağırlık üzerine olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (Turhan, 2007).

Bu çalışmada PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde yaş gövde ağırlığı ortalamaları 5,43–3,12 gr arasında değişiklik göstermiştir. Kontrol 120 mM tuz stresinde İzolat-30'un 120 mM yaş gövde ağırlığına oranla %8,76 azalma olmuştur. Yaş kök ağırlığı ortalamaları ise 3,66 – 2,36 gr arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en az ağırlık Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerden alınmıştır. Kontrol 120 mM tuz stresinde EB-80 120 mM tuz uygulamasında ki yaş gövde ağırlığına oranla %16,96 azalma olmuştur. Kuru gövde ağırlığı ortalamaları 0,91 – 0,64 gr arasında değişiklik göstermiştir. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında , Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde kuru gövde ağırlığı, İzolat-30'un 120 mM tuz stresindeki kuru gövde ağırlığına oranla %14,85 azalmıştır. Kuru kök ağırlığı ortalamaları 0,177–0,124 gr arasında değişiklik göstermiştir. Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde kuru kök ağırlığı, EB-80'nin 120 mM tuz stresindeki kuru kök ağırlığına oranla %6,74 azalmıştır.

Tüm bu parametrelere baktığımızda tuz stresine karşı PGPR uygulamasıyla birlikte yaş gövde ve kök ağırlığıyla, kuru kök ve gövde ağırlığında artış olurken, Kontrol grubunda ise azalış meydana gelmiştir. Güneri Bağcı (2010), nohut çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stres üzerine yaptığı araştırmada, kuru koşullarda yaş ağırlığın önemli derecede azaldığını, sulu koşullarda bitki yaş ağırlığı 7,12 g olurken kuru koşullarda bu rakamın 2,59'a düştüğünü ayrıca toplam klorofil içeriklerinin sulu koşullarda ortalama 0,090 mg g⁻¹ iken kuru koşullarda bu değer 0,073 mg g⁻¹ olduğunu tespit etmiştir. Bitki büyümesini arttıran kök bakterilerinin tuzlu topraklarda yetişen bitkiler için faydalarının anlatıldığı bir derlemede kök bakteri ile muamele edilmiş bitkilerde kök ve gövde büyümesinin, besin ve su alınımı ve klorofil miktarının ayrıca reaktif oksijenleri ortadan kaldıran antioksidatif enzimlerin artmasının en önemli noktalar olduğunu söylemiştir (Paul ve Lade, 2014).

Krom ile kirletilmiş toprakta nohut bitkisinin büyümesini inceleyen bir çalışmada, Bacillus PSB10 bakterisiyle inokule edilen nohut bitkisinde 136 mg/kg dozda (Cr) bakterisiz grupta bitki boyu ortalaması 18 cm iken, bakteriyle inokule olan bitkilerde 31 cm, kök boyu ise bakterisiz grupta 25 cm bakteriyle inokule olan bitkilerde 40 cm, ayrıca klorofil miktarı bakterisiz 0,75 mg/g , bakteriyle inokule olan bitkilerde 0,92 mg/g olduğunu, bakterinin streste bitki gelişimini arttırdığı sonucunu tespit edilmiştir (Wani ve Khan, 2010).

Bu çalışmada PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde yaprak sayısı ortalamaları 38,56–16,11 arasında değişiklik göstermiştir. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, Pgpr ile bio-priming yapılan İzolat 30 120 mM uygulamasına kıyasla yaprak sayısı Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde % 15,79 oranında azalmıştır. Bakteriyle inokulasyon tuz stresine karşı yaprak sayısı arttırmıştır. Klorofil ortalamaları ise 73,1667–57,6889 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla klorofil miktarı İzolat 30 kontrol (0) uygulamasında alınırken, en az klorofil miktarı ise A-08 ve Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerden alınmıştır. Tuz stresi grupları arasında inceleme yapıldığında, Pgpr ile bio-priming yapılan EB-80 120 mM uygulamasına kıyasla klorofil miktarı Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilerde % 5,87 oranında azalmıştır. Hasan ve ark. (2006), nohut bitkisinde HBL (28-Homobrassinolide) uygulamasıyla kadmiyum stresine karşı yaprak klorofil miktarının kontrolün üzerinde olduğunu tespit etmiştir.

Dursun (2012), salisik asit uygulanmış nohut fidelerinde Kadmiyum'un yarattığı fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler üzerine yaptığı çalışmada, 50 μ M kadmiyum için salisik asitle ön muamele edilen gruplarda MDA miktarının daha düşük olduğu ortaya çıkarmıştır. Turhan (2007), 2 C⁰ 'ye direk alınan 12 günlük nohut fidelerinde AkN 87 hattında kendi kontrol grubuna göre MDA birikiminin %21,6 oranında arttığını bildirmiştir. Kalefetoğlu (2006), 20 günlük nohut fidelerinde uygulanan kuraklık stresinde Gökçe nohut çeşidinde MDA miktarının kendi kontrol grubuna göre 7.günde 2,6 katına çıktığını tespit etmiştir. Nandwal ve ark. (2007)'nın Rhizobium bakterisiyle inokule ettikleri nohut bitkisinde kısa dönem tuzluluk uyguladıkları çalışmada 10.0 dS m⁻¹ tuz dozunda bakterisiz grupta 4,63 μ mol g⁻¹ DW iken bakteriyle inokule olan nohut bitkisinde 3,23 μ mol g⁻¹ DW olduğunu yaklaşık %30,24 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Hücre membranı üzerine serbest oksijen radikallerinin etkisi, lipid peroksidasyonu ile olmaktadır. Hücre membranının tahribatına yol açan lipid peroksidasyonu, birkaç reaksiyon basamağı sonucunda malondialdehit (MDA) ürününü üretmektedir (Yılmaz ve ark., 2016). Tuza toleranslı genotiplerin, duyarlı genotiplere nazaran daha az miktarda ürettikleri MDA, doku ve iyon sızıntısını da beraberinde getirmektedir (Koyro, 2006).

Bu araştırmada ise PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde MDA miktarı ortalamaları 19,14–7,55 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla MDA birikimi A-08 120 mM ve Kontrol 120

mM tuz uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde MDA birikimi, EB-80 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %17,62 oranında artmıştır. PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasında A-08 kodlu bakteri uygulaması hariç, Kontrol 120 mM tuz stresindeki bitkilere kıyasla diğer bakteri gruplarında MDA birikimi %17,62 ile %9,47 oranında azalmıştır.

Kayacıoğlu ve ark. (2012), tuz stresine maruz kalmış bazı nohut çeşitlerinde L-Sistein'in iyileştirici etkisi konulu çalışmalarında, sistein + tuz uygulamasında MDA birikiminin düşük çıktığını, SOD, KAT, APX aktivitelerinin ise yüksek çıktığını bildirmişlerdir. Hasan ve ark. (2008), nohut bitkisinde HBL (28-Homobrassinolide) uygulamasıyla kadmiyumun toksik etkisinin üzerinden gelinebileceğini bildirmiştir. Ayrıca HBL uygulamasıyla SOD ve KAT enzim aktivitelerinde artışın meydana geldiğini (sadece Cd 150 μmol uygulamasında katalaz aktivitesi $483 \pm 51 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ F.M}$ iken Cd 150 μmol + HBL (0,01) uygulandığında $545 \pm 57 \mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ F.M}$ olduğu, sadece Cd 150 μmol uygulamasında süperoksit dismutaz (sod) aktivitesinde ise $168 \pm 19 \text{ Unit}$ iken Cd 150 μmol + HBL (0,01) uygulandığında $196 \pm 23 \text{ Unit}$) tespit etmişlerdir.

Kalefetoğlu (2006), 7 günlük kuraklık stresine maruz bıraktığı nohut çeşit ve hatlarından AkN 87 hattında kendi kontrolüne göre APX aktivitesinin 2,9 katına çıktığını, kuraklığa bağlı olarak SOD aktivitesinde arttığını saptamıştır. Bu çalışmada Pgpr ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde Askorbat peroxidaz enzim miktarı ortalamaları $4,2619-1,3544 \text{ mmol g}^{-1} \text{ Y.A/da}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla APX aktivitesi A-08 120 mM tuz uygulamasında tespit edilmiştir. A-08 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde APX aktivitesi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %39,01 oranında artmıştır. Kontrol 120 mM tuz stresindeki APX miktarının kendi kontrol grubuyla kıyaslandığında enzim aktivitesi %23,21 oranında artarken, EB-80 120 mM tuz stresindeki APX miktarını kendi kontrol grubuyla kıyasladığımızda bu oran %32,42 ye yükselmiştir. PGPR ile yapılan bio-priming uygulaması nohut bitkisinde APX enzim aktivitesini tuz stresine karşı bitkiyi korumak için arttırmıştır. Bitkilerin tuz stresine karşı dayanıklılığını arttırmak için, artan aktif oksijen türlerini neden olduğu oksidatif hasarları azaltması yada sentezlenmesini engellemek enzimatik savunma sistemlerini devreye sokmak zorundadır. Enzimatik savunma sistemlerini ise süperoksit dismutaz (SOD) askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT), glutatyon redüktaz (GR) ve peroksidaz (POD), monodehidroksiaskorbat

redüktaz (MDAR) ve dehidroksiaskorbat redüktaz (DHAR) ve glutatyon peroksidaz (GPX) enzimler oluşturur (Mittler ve ark., 2004).

Bu araştırmada PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen Işık-05 nohut çeşidinde Katalaz enzim aktivitesi ortalamaları 2,86–0,86 mmol g⁻¹ Y.A/da⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. İzolat 30 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde KAT aktivitesi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %25,47 oranında artmıştır.

Bu çalışmada Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi ise ortalamaları 601,90-225,44 U g⁻¹ Y.A arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla SOD aktivitesi EB-80 120 mM tuz uygulamasında tespit edilmiştir. EB-80 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde SOD aktivitesi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre % 22,94 oranında artmıştır. Artan SOD aktivitesi ile oksidatif stres yüzünden meydana gelen zarardan korunmanın artması, birbirleriyle ilişkili olduğu bilinmektedir (Hernández-Nistal ve ark., 2002). PGPR uygulanan bitkilerde SOD aktivitesinin artması tuz stresinde oluşan oksidatif stresin azalmasını sağlamıştır.

Işık-05 nohut çeşidinde Hidrojen peroksit miktarı ortalamaları 8,58–3,55 µmol g⁻¹ Y.A arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada en fazla H₂O₂ birikimi Kontrol 120 mM ve A-08120 mM tuz uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde H₂O₂ birikimi, EB-80 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %31,57 oranında artmıştır.

Reaktif oksijen türleri [süperoksit molekülü (O₂⁻), singlet oksijen (O₂), hidrojen peroksit (H₂O₂) ve hidroksil radikalleri (OH)] normal hücre metabolizması ürünleridir ve savunma mekanizmaları tarafından ortamdan uzaklaştırılırlar (Scandalios, 2001). Ortamda çeşitli streslere (biyotik veya abiyotik stres) uğradıklarında bitkilerin hem kloroplastları hem de mitokondrileri ROT üretir. Stres koşulları sonucu oluşan ROT, uzaklaştırma mekanizmalarının (enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidanlar) yetersiz kalması yüzünden bitkide oksidatif stres meydana getirir (Turan ve Emekçi, 2008). Bitkilerde, hücresel zar ve organelleri ROT'ların zarar verici etkisinden korumak için antioksidant savunma sistemleri oldukça önemlidir (Lee ve Lee, 2000).

Araştırma sonucunda büyüme parametrelerine baktığımızda tuz stresine karşı PGPR uygulamasıyla bakteri ile inokule olan Işık-05 nohut çeşidinde yaş gövde ve kök ağırlığıyla, kuru kök ve gövde ağırlığında, gövde boyu, yaprak sayısı ve klorofil miktarında

artış olurken, Kontrol grubunda ise azalış meydana gelmiştir. EB-80 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde MDA birikimi, Kontrol 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %17,62 oranında azalmıştır. SOD, APX, KAT enzim aktiviteleri ise Kontrol 120 mM tuz uygulamasına göre önemli seviyede artışlar meydana gelmişler. Kontrol 120 mM tuz uygulaması yapılan bitkilerde H_2O_2 birikimi, EB-80 120 mM tuz uygulanan bitkilere göre %31,57 oranında artmıştır. Yapılan tüm analizler değerlendirildiğinde PGPR ile inokule olan Işık-05 nohut çeşidi üzerine tuz stresinin olumsuz etkisinin azaltılabileceği, tuzlu alanlarda yapılacak ekim nöbeti sisteminde bakteri ile inokule olan Işık-05 nohut çeşidinin yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akçin, A., 1988. **Yemelik Dane Baklagiller**. S.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 8, Konya.
- Akgül, D. S., Mirik, M., 2008. Biocontrol of *Phytophthora Capsici* on pepper plants by *Bacillus megnaterium* strains. **Journal of Plant Pathology**. **90** (1): 29-34.
- Anonim, 2005. **Çölleşmeyle Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı**. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları.
- Ashraf, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, **13** (1): 27-42.
- Aslantas, R., Cakmakci, R., Sahin, F., 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. **Sci. Hort.** **111**: 371–377.
- Bağcı, G. E., 2010. **Nohut (Cicer arietinum L.) Çeşitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik Ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi**, (doktora tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bernstein, N., Ioffe, M., Zilberstaine, M., 2001. Salt stress effects on avocado rootstock growth. I. establishing criteria for determination of shoot growth sensitivity to the stress. **Plant and Soil**. **233**: 1-11,
- Blum, A., 1985. Breeding crop varieties for stress environments **Critical Reviews in Plant Sciences**. **2**: 199-238.
- Canbolat, M., Bilen, S., Cakmakci, R., Fiahin, F., Aydın, A., 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biol. Fertil. Soils**. **42**: 50–57.
- Çakmakci, R., Aydın, D. F., Sahin, A. F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under green house and two different field soil conditions. **Soil Biol. Biochem.** **38**: 1482–1487.
- Çakmakçı, R., 2006. Bitki gelişme promotörü rizobakteri kullanımındaki son gelişmeler: organik tarım perspektif ve uygulamaları. **Organik Tarım Kongresi**. Yalova.

- Çakmakçı, R., 2009. Stres koşullarında ACC Deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **40** (1); 109-125.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Erdoğan, Ü., 2007a. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish J. Agric. For.* **31**: 189-199.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez, F., 2007b. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **170**: 288-295.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Karahisar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. **11**: 11-34
- Dursun, B., 2012. *Salisilik Asit Uygulanmış Nohut (Cicer arietinum L.) Fidelerinde Kadmiyum 'Un Yarattığı Fizyolojik Ve Biyokimyasal Değişiklikler*, (yüksek lisans tezi, basılmamış). Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Elkoca, E., 1997. *Fasulye (Phaseolus vulgaris L.)'de Tuza Dayanıklılık Üzerine Bir Araştırma*, (yüksek lisans tezi, basılmamış). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Eşitken, A., Ercisli, S., Sevik, İ., Sahin, F., 2003b. Effect of indole-3-butyric acid and different strains of agrobacterium rubi on adventitive root formation from softwood and semi-hardwood wild sour cherry cuttings. *Turk J Agric For.* **27**: 37-42
- Eşitken, A., Kalidag, H., Ercisli, S., Turan, M., Sahin, F., 2003. The effects of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunus armeniaca* L.cv. Hacıhaliloglu). *Australian Journal of Agricultural Research*. **54**: 377-380.
- Hamaoui, B., Abbadi, J., Burdman, S., Rashid, A., Sarig, S., Okon, Y., 2001. Effects of inoculation with Azospirillum brasilense on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. *Agronomie EDP Sciences*. **21**(6-7): 553-560.
- Heath, R. L., Packer, L., 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* **125**: 189-198.

- Jebara, S., Jebara, M., Liman, F., Aouani, E., 2005. Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean nodules under salt stress. *J. of Plant Physiol.* **162**: 929-936.
- Kalefetoğlu, T., 2006. *Nohut (Cicer arietinum L.) Çeşit Ve Hatlarının Kuraklık Stresine Karşı Dayanıklılığının Karakterizasyonu*, (yüksek lisans tezi, basılmamış). Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karakullukçu, E., 2007. *Bazı Nohut (Cicer arietinum L.) Çeşitlerinin Tuz Toleranslarının Belirlenmesi*, (yüksek lisans tezi, basılmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kloepper, J. W., Reddy, M. S., Rodriguez K, R., Kenney, D. S., Kokalis B. N., Martinez O. N., Vavrina, C. S., 2004. Application for rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. *Acta Hort.* **631**: 217-229.
- Kotan, R., Sahin, F., 2002. First record of bacterial cancer by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, on apricot trees in Turkey. *Plant Pathology.* **51**: 798.
- Koyro, H. W., 2006. Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago cronopus* (L.). *Environmental and Experimental Botany.* **56**: 136-146.
- Lee, D. H., Lee, C. B., 2000. Chilling stress induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. *Plant Sci.* **159**: 75- 85.
- Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M., Breusegem, F. V., 2004. Reactive oxygen gene network of plants. *Trends in Plant Science.* **9**(10): 490-498.
- Munns, R., (2000). Salinity, growth and phytohormones. Chapter 13, pp.305. *Salinity: Environment– Plants – Molecules*. (A. Lauchli ve U. Luttge), Secaucus, NJ, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* **59**: 651-681.
- Öğütçü, H., Kasımoğlu, C., Elkoca, E., 2010. Effects of rhizobium strains isolated from wild chickpeas on the growth and symbiotic performance of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under salt stress. *Turk J Agric For.* **34**: 361-371
- Pal, K. K., Dey, R., Bhatt, D. M., Chauhan, S. M., 2000. Plant growth promoting *Fluorescent Pseudomonads* enhanced peanut growth, yield and nutrient uptake.

- Fifth International PGPR Workshop.*** 29 October - 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Penrose, D. M., and B. R. Glick. 2000. Quantification of 1- amino cyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) in canola seedlings treated with plant growth promoting bacteria. ***Fifth International PGPR Workshop.*** 29 October – 3 November 2000, Cordoba-Argentina.
- Pessarakli, M., Szabolcs, I., 1999. Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. ***Handbook of Plant Crop Stress.*** New York. 1198 s.
- Rahnama, H., Ebrahimzadeh, H., 2005. The effect of NaCl on antioxidant enzyme activities in potato seedlings. ***Biol. Planta.*** **49**: 93-97.
- Reddy. M. S., Ryu, C. M., Zhang, S., Yan, Z., Kenney, D. S., Rodriguez K. R., Kloepper, J. W., 2000. Approaches for enhancing Pgpr-mediated isr on various vegetable transplant plugs. ***Proc.5th Int. Conf. Plant Growth Promoting Rhizobacteria.*** Brasil.
- Sairam, R. K., Srivastava, G. C., Agarwal, S., Meena, R. C., 2005. Differences in antioxidant activity in response to salinity stres in tolerant and susceptible wheat genotypes. ***Biol. Planta.*** **49**: 85-91.
- Sairam, R.K., ve Saxena, D. C., 2000. Oxidative stres and antioksidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stres tolerance. ***J. Agron. and Crop Sci.*** **184**: 55-61.
- Salisbury, F. B., Ross, C. W., 1992. ***Mineral Nutrition, Absorbision of Mineral Salts, Stress Physiology, Plant Physiology.*** 4 Edition Wadswort Pub. Com. 116-135, 136-160, 575-600.
- Salmen Espindola, L., Noin, M., Corbineau, F. ve Côme, D., 1994. Cellular and metabolic damage induced by desiccation in recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. ***Seed Sci. Res.*** **4**: 193–201.
- Shahzad, M.S., Khalid, A., Arshad, M., Tahir, J., Mahmood, T., 2010. Improving nodulation, growth and yield of *Cicer arietinum* L. through bacterial ACC-deaminase induced changes in root architecture. ***European Journal of Soil Biology.*** **46**: 342-347
- Siddiqui, Z .A., 2006. ***Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens.*** PGPR: Biocontrol and Biofertilization. The Netherlands, 111-142.

- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. **Plant Soil**. **265**: 123-129.
- Tiwari, S., Lata, C., Chauhan, S. P., Nautial C. S., 2015. *Pseudomonas putida* attunes morphophysiological, biochemical and molecular responses in *Cicer arietinum* L. during drought stress and recovery. **Plant Physiology et Biochemistry**. **99**: 108-117
- Turhan, Ö., 2007. **Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çesit Ve Hatlarının Soğuk Stresine Karşı Toleransının Fizyolojik Ve Biyokimyasal Parametreler ile Belirlenmesi**, (yüksek lisans tezi, basılmamış). Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turhan, Ö., Emekçi, Y., 2008. Soğuk stresinin bitkiler üzerine etkileri ve tolerans mekanizmaları. **Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi**. **2**: 177-198
- Türkan, I., Demiral, T., 2009. Recent developments in understanding salinity tolerance. **Enviromental and Experimental Botany**. **67**: 2-9.
- Ulus, Y., 2007. **Farklı Dozlarda Kadmiyumun Maydanoz (*Petroselinum hotense Hoffm*) Bitkisinde Fotosentetik Pigmentler ve Oksidatif Enzim Aktivitelerine Etkisi**, (yüksek lisans tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Uslu, A., 2006. **Bazı Baklagil Bakterilerinde Bitki Gelişimini Uyarıcı Kök Bakterileri (PGPR) İle Verimin Artırılması**, (doktora tezi, basılmamış). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Velikova, P., Yordanov, I., Edreva, A., 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. Protective role of exogenous polyamines. **Plant Science**. **15**: 59–66
- Wani, A. P., Khan, S. M., 2010. Bacillus species enhance growth parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in chromium stressed soils. **Food and Chemical Toxicology**. **48**: 3262–3267
- Yılmaz, E., Tuna, L. A., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresine etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. **C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**. 47-66
- Yokoi, S., ve Bresson, R.A., 2002. Salt stress tolerance of plant. **Jircas working report**. (25-33).

- Nandwal, A. S., Kukreja, S., Kumar, N., Sharma, P.K., Jain, M., Mann, A., Singh, S., 2007. Plant water, status, ethylene evolution, N-2- fixing efficiency, antioxidant activity and lipid peroxidation in *Cicer arietinum* L. nodules as affected by short-term salinization and desalinization. ***Journal of Plant Physiology*. 164:** 1161–1169.
- Kalaycıoğlu, E., Sağlam, A., Demiralay, M., Kadioğlu, M., 2012. Tuz stresine maruz kalmış bazı nohut (*Cicer arietinum*, *Fabaceae*) çeşitlerinde L-Sistein'in iyileştirici etkisi. **21. Ulusal Biyoloji Kongresi**. 03–07 Eylül 2012, Ege Üniversitesi, İzmir. 492.
- Tuteja, N., 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. ***Methods in Enzymology*. 428:** 419-438.
- Burssens, S., Himanen, K., Cotte, B. V., Beeckman, T., Montagu, M. V., Inze, D., ve Verbruggen, N., 2000. Expression of cell cycle regulatory genes and morphological alterations in response to salt stress in *Arabidopsis thaliana*, ***Planta*, 211:** 632-640.
- Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A. ve Zhao, C. X., 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. ***Comptes Rendus Biologies*. 331:** 215-225.
- Paul, D., Lade, H., 2014. Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils. ***Agron. Sustain. Dev.* 34:**737–752
- Hasan, S. A., Hayat, S., Ali, B., Ahmad, A., 2008. 28-Homobrassinolide protects chickpea (*Cicer arietinum*) from cadmium toxicity by stimulating antioxidants. ***Environmental Pollution*. 151:** 60-66.
- Hernández, Nistal, J., Dopico, B., ve Labrador, E., 2002. Cold and salt stress regulates the expression and activity of a chickpea cytosolic Cu/Zn superoxide dismutase. ***Plant Sci*. 163:** 507-514.
- Scandalios, J. G., 2001. Molecular responses to oxidative stress. ***Molecular Analysis of Plant Adaptation to The Environment*** (Editörler: M.J. Hawkesford ve P. Buchner). 181-208.

ÖZ GEÇMİŞ

Kocaeli ilinde 31.10.1989 yılında doğdu. İlk ve orta öğretimini İstanbul'da, lise öğretimini Kocaeli'de tamamladı. Kocaeli Üniversitesi İhsaniye M.Y.O Tıbbi ve Aromatik Önlisans Programını birincilikle tamamdı. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne 2010 yılında kayıt yaptırdı ve 2013 yılında buradan bölüm birinciliği, fakülte ikinciliğiyle mezun oldu. Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ danışmanlığında 2014 yılında YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.



YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

02/09/2016

Tez Adı: PGPR ile yapılan bio-priming uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin gelişimi ve antioksidant enzim aktiviteleri üzerine etkisi

Yukarıda başlığı belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 81 sayfalık kısmına ilişkin, 18/08/2016 tarihinde tez danışmanım tarafından Unplag intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %0,1 dir.

Uygulanan Filtreler Aşağıda Verilmiştir:

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

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

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

02/ 09/2016
Hilal AYHAN

Adı Soyadı : Hilal AYHAN

Öğrenci No : 149101115

Anabilim Dalı : Tarla Bitkileri

Programı : Tarla Bitkileri

Statüsü : Y. Lisans ☐ Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ
02/09/2016

ENSTİTÜ ONAYI
U Y G U N D U R
02/09/2016
Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Enstitü Müdürü