T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FAYDALI RİZOBAKTERİ UYGULAMALARININ TUZLU TOPRAK ŞARTLARINDA ELMA VE KİRAZDA ETKİLERİ

Şeyma ARIKAN

DOKTORA TEZİ

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalını

Temmmuz-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FAYDALI RİZOBAKTERİ UYGULAMALARININ TUZLU TOPRAK ŞARTLARINDA ELMA VE KİRAZDA ETKİLERİ

Şeyma ARIKAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lütfi PIRLAK

2017, 150 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Lütfi PIRLAK
Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN
Prof. Dr. Sait GEZGİN
Prof. Dr. Rafet ASLANTAŞ
Prof. Dr. Yaşar KARAKURT

Bu çalışma, stres şartları altında yaşama kabiliyeti olan bazı bitki büyümesini artırıcı Rizobakterilerin (*Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, *Kocuria erythromyxa* EY43) M9 anacına aşılı Fuji elma ve MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşitlerinde tuzlu toprak şartlarında bitki gelişimi ve beslenmesi üzerine etkilerinin tespiti amacıyla yürütülmüştür.. Toprak tuzluluğu 7:9:3:1 oranlarında $NaCl:Na_2SO_4:CaCl_2:MgSO_4$ karışımı ile sağlanmıştır. Toprak tuzluluğu elma için 2,5-3,0 $mScm^{-1}$ ve kiraz için de 2,0-2,5 $mScm^{-1}$ olarak ayarlanmıştır. Fidanlara bakteri uygulamaları ilk olarak Nisan ayında dikim ile başlanmış ve dikimin ardından her ay bir kez olmak üzere toplam 3 kez (Mayıs, Haziran ve Temmuz) sulama suyu şeklinde uygulanmıştır. Tuz uygulaması iki şekilde yapılmıştır; birincisi fidanlar dikilmeden önce toprak tuzlandırılmış, ikincisi ise fidan dikiminin ardından karışım olarak hazırlanan tuz sulama suyu ile verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprak şartlarında her iki türde de kontrol grubu bitkilerde vejetatif gelişim, fotosentetik aktivite, membran geçirgenliği, yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ve stoma iletkenliği en yüksek değerlere sahip olurken, bakteri uygulaması yapılmayan tuzlu topraklarda ise en düşük değerlere sahip olmuştur. EY43 bakteri ırkı, Fuji elma çeşidinde morfolojik ölçümlerinde (yaprak alanı, fotosentetik aktivite, stoma iletkenliği) ve biyokimyasal analizlerinde (POD aktivitesi, protein içeriği) kontrol grubu bitkilere göre en iyi sonucu vermiştir. Bu bakteri ırkını morfoloik ölçümlerde (membran geçirgenliği) ve biyokimyasal analizlerde (CAT aktivitesi, MDA aktivitesi, Prolin içeriği) EY37 ve EY2 bakteri ırkları takip etmiştir. EY43 bakteri uygulaması yaprak alanını (16.5cm^2, 18cm^2), fotosentetik aktiviteyi (14 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ve 15 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), katalaz aktivitesini (160 EU/g ve 125 EU/g) denemenin her iki yılında da artırmıştır. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşinde ise benzer toprak tuzluluğu şartlarında, EY43 bakteri ırkı her iki yılda da yaprak alanını (23,5 cm^2, 25,5 cm^2), fotosentetik aktiviteyi (11 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$, 13 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), POD aktivitesini (675 EU/g and 575 EU/g), ve protein içeriğini (36 µg g^{-1} FW, 30 µg g^{-1} FW) artırırken membran geçirgenliğini (%23, %18) tuz uygulamasına göre azaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteriler, Bitki Besin elementleri, Bitki Büyümeyi Düzenleyiciler, Elma, Kiraz, Tuz Stresi

ABSTRACT

Ph. D THESIS

THE EFFECTS OF BENEFICIAL RHIZOBACTERIA TREATMENTS ON APPLE AND SWEET CHERRY IN SALINITY SOIL CONDITIONS

Şeyma ARIKAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES OF SELÇUK UNIVERSITY
DOCTOR OF PHILOSOPHY IN HORTICULTURE

Advisor: Prof. Dr. Lütfi PIRLAK

2017, 150 Pages

Jury
Prof. Dr. Lütfi PIRLAK
Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN
Prof. Dr. Sait GEZGİN
Prof. Dr. Rafet ASLANTAŞ
Prof. Dr. Yaşar KARAKURT

This study determined the effects of plant-growth-promoting rhizobacteria on the growth and nutrient uptake of the Fuji apple cultivar and 0900 Ziraat cherry cultivar, which have the ability to grow under stress conditions. The rhizobacteria were *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, and *Kocuria erythromyxa* EY43. The cultivars were grown in saline soil conditions, which were obtained using a salt solution containing $NaCl:Na_2SO_4:CaCl_2:MgSO_4$ at a ratio of 7:9:3:1. The electrical conductivity of the soil was adjusted to 2.5-3.0 $mScm^{-1}$ for apple and 2.0-2.5 $mScm^{-1}$ for cherry. The rhizospheres were treated with a bacteria solution at planting in April and in May, June, and July. The salt treatment was applied in two different ways: before planting and after planting by saline irrigation.

The control group (without salt) showed the highest vegetative growth, photosynthetic activity, membrane permeability, LRWC, and stomatal conductivity. The plants grown in salty soil (without bacteria inoculation) showed the lowest values of these parameters. In Fuji apple, the EY43 bacteria showed the best results after the control in terms of morphological measurements (leaf area, photosynthetic activity, stomatal conductivity) and biochemical analysis (POD activity, protein content) in both conditions of soil salinity. The EY37 and EY2 strains showed the next best results of membrane permeability, CAT activity, lipid peroxidase activity, and proline content. The EY43 strain resulted in increased leaf area (16.5 cm^2 and 18 cm^2), photosynthetic activity (14 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ and 15 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) and CAT (160 EU/g and 125 EU/g) in both soil salinity conditions, respectively. In the same soil salinity conditions for 0900 Ziraat, the EY43 strain resulted in increased leaf area for both years (23.5 cm^2, 25.5 cm^2), photosynthetic activity (11 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$, 13 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), membrane permeability (23%, 1%8), POD activity (675 EU/g, 575 EU/g), and protein content (36 µg g^{-1} FW, 30 µg g^{-1} FW) in comparison to the salt-only treatment.

Keywords: Apple, PGPR, Plant Growth Regulators, Plant Nutrients, Salt Stress, Sweet Cherry

ÖNSÖZ

Tarımsal üretim alanlarında tuzluluk, toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen ve ürün verimini sınırlandıran en önemli faktörlerden biridir. Toprak tuzluluğu genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmaktadır. Bu bölgelerde sulama yapılması halinde tuzlanma hızlı bir şekilde meydana gelir. Büyüme ve verim üzerine tuz stresinin bu ciddi etkilerini azaltmak için yapılan girişimlerin birçoğu kimyasal ıslah odaklı olmuştur. Son zamanlarda ise biyolojik bir yaklaşım olan bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin kullanımı öne çıkmıştır. Bu çalışma ile tuzlu topraklarda geliştiği belirlenen bitki büyümesini teşvik edici bakterilerden *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, *Kocuria erythromyxa* EY43, *Rhodococcus* 9/4, *Pseudomonas* 53/6 uygulamalarının topraktaki yüksek tuz içeriğine duyarlı olan elma ve kirazda büyüme, gelişme ve bitki besin elementi alımı üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar özellikle EY2, EY37 ve EY43 bakteri ırklarının tuz stresine karşı elma ve kirazda etkilerinin olumlu olduğunu göstermiştir.

Doktora çalışma konumun seçilmesi ve planlanıp yürütülmesinde yardımlarını gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Lütfi PIRLAK' a denemenin kurulması ve yürütülmesinde bilgilerini ve tecrübelerini benden esirgemeyen ve Sayın Prof. Dr. Ahmet EŞİTKEN ve Sayın Prof. Dr. Sait GEZGİN hocalarıma en içten şükranlarımı sunarım. Çalışmamda kullandığımız bakteri ırklarının temininde gerekli yardım ve kolaylığı sağlayan, bakterilerin bu çalışmada kullanılmasına izin veren Sayın Yrd. Doç. Dr. Mesude Figen DÖNMEZ' e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmamdaki bitki büyümeyi düzenleyici madde ve besin elementi analizlerimin laboratuvarlarında yapılmasını sağlayan Sayın Prof. Dr. Metin TURAN' a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Muzaffer İPEK ve Bahçe Bitkileri Bölümü öğrencilerine çok teşekkür ederim. Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi olarak sürekli yanımda olan ve doktora çalışmam süresince desteklerini her daim hissettiğim aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Şeyma ARIKAN

KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **8**

2.1. Bitkilerde Tuzluluk Stresinin Etkileri 8
2.1.1. Ozmotik stres 8
2.1.2. İyon stresi 9
2.1.3. Oksidatif stres 9
2.1.4 Tuz stresinin bitki fizyolojisi üzerine etkileri 10
2.2. Bitkilerin Tuz Stresine Karşı Geliştirdiği Tolerans Mekanizmaları 12
2.2.1. İyon dengesi ve sinyal iletimi yolu 12
2.2.2. Bitki büyümeyi düzenleyici maddeler ve düzenleyici ozmolitlerin biyosentezi 14
2.2.3. Antioksidan enzim sistemleri 15
2.2.3.1. Enzimatik olmayan antioksidanlar 16
2.2.3.2. Enzimatik antioksidanlar 17
2.3. Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteriler ve Tuz Stresine Etkileri 19
2.4. Tuz Stresi ve Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteri (BBAR) Uygulamaları ile İlgili Yapılan Çalışmalar 21

3. MATERYAL VE YÖNTEM **32**

3.1. Materyal 32
3.1.1. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal 33
3.1.1.1 M9 anacı 33
3.1.1.2. Ma X Ma 14 anacı 33
3.1.1.3. Fuji elma çeşidi 34
3.1.1.4. 0900 Ziraat kiraz çeşidi 34
3.1.2. Araştırma kullanılan bakteri ırkları 34
3.2. Yöntem 35
3.2.1. Bakteri solüsyonlarının hazırlanması 35
3.2.2. Bakteri uygulamalarının yapılması 35
3.2.3. Tuz uygulamalarının yapılması 36
3.2.4. Uygulamaların vejetatif büyüme üzerine etkisi 37
3.2.4.1. Fidanlarda gövde çaplarının belirlenmesi 37
3.2.4.2. Sürgün uzunluğunun belirlenmesi 37
3.2.4.3. Sürgün çapının belirlenmesi 37
3.2.4.4. Yaprak alanının belirlenmesi 37
3.2.4.5. Fotosentez etkinliğinin belirlenmesi 38

3.2.4.6. Membran geçirgenliğinin belirlenmesi 38
3.2.4.7. Yaprak nispi su içeriğinin belirlenmesi.....38
3.2.4.8. Stomatal iletkenliğin belirlenmesi.....39
3.2.4.9. Bitki kuru ağırlığının belirlenmesi 39
3.2.4.10. Kök kuru ağırlığının belirlenmesi 39
3.2.5. Uygulamaların antioksidan enzim aktivitesine etkisinin belirlenmesi 39
3.2.5.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması.....39
3.2.5.2. Katalaz aktivitesinin belirlenmesi.....40
3.2.5.3. Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi.....40
3.2.5.4. Süperoksit dismutaz aktivitesinin belirlenmesi 41
3.2.5.5. Lipid peroksidasyon konsantrasyonunun belirlenmesi 41
3.2.5.6. Hidrojen peroksit konsantrasyonunun belirlenmesi.....42
3.2.5.7. Çözünebilir protein miktarının tayini.....42
3.2.5.8. Prolin miktarının tayini.....43
3.2.6. Uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisinin belirlenmesi.....44
3.2.7. Uygulamaların bitkilerin besin elementi alımına etkisinin belirlenmesi 44
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....45

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....46

4.1. Araştırma Sonuçları.....46
4.1.1. Uygulamaların gövde çaplarına etkisi.....46
4.1.1.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların gövde çapına etkisi 46
4.1.1.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların gövde çapına etkisi 47
4.1.2. Uygulamaların sürgün uzunluklarına etkisi 48
4.1.2.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların sürgün uzunluğuna etkisi.....48
4.1.2.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların sürgün uzunluğuna etkisi 49
4.1.3. Uygulamaların sürgün çaplarına etkisi.....50
4.1.3.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların sürgün çapına etkisi 50
4.1.3.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların sürgün çapına etkisi 51
4.1.4. Uygulamaların yaprak alanlarına etkisi 53
4.1.4.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların yaprak alanına etkisi.....53
4.1.4.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların yaprak alanına etkisi 54
4.1.5. Uygulamaların fotosentez etkinliğine etkisi.....55
4.1.5.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların fotosentez etkinliğine etkisi 55
4.1.5.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların fotosentez etkinliğine etkisi.....56
4.1.6. Uygulamaların membran geçirgenliğine etkisi.....57
4.1.6.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların membran geçirgenliğine etkisi.....57

4.1.6.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların membran geçirgenliğine etkisi 58
4.1.7. Uygulamaların yaprak nispi su içeriğine etkisi 60
4.1.7.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların yaprak oransal su içeriğine etkisi 60
4.1.7.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların yaprak oransal su içeriğine etkisi....61
4.1.8. Uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi....62
4.1.8.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi....62
4.1.8.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi 63
4.1.9. Uygulamaların bitki kuru ağırlıklarına etkisi 64
4.1.9.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların bitki kuru ağırlığına etkisi....64
4.1.9.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların bitki kuru ağırlığına etkisi 65
4.1.10. Uygulamaların kök kuru ağırlıklarına etkisi....66
4.1.10.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların kök kuru ağırlığına etkisi....66
4.1.10.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların kök kuru ağırlığına etkisi 68
4.1.11. Uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi....69
4.1.11.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi....69
4.1.11.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi 70
4.1.12. Uygulamaların peroksidaz aktivitesine etkisi....71
4.1.12.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların peroksidaz aktivitesine etkisi 71
4.1.12.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların peroksidaz aktivitesine etkisi....72
4.1.13. Uygulamaların süperoksit dismutaz aktivitesine etkisi....73
4.1.13.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların süperoksit dismutaz aktivitesine etkisi 73
4.1.13.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların süperoksit dismutaz aktivitesine etkisi....74
4.1.14. Uygulamaların lipid peroksidasyon konsantrasyonuna (MDA) etkisi....75
4.1.14.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların lipid peroksidasyon konsantrasyonuna (MDA) etkisi 75
4.1.14.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların lipid peroksidasyon konsantrasyonuna (MDA) etkisi 76
4.1.15. Uygulamaların hidrojen peroksit konsantrasyonuna (H_2O_2) etkisi....77
4.1.15.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların hidrojen peroksit konsantrasyonuna (H_2O_2) etkisi 77
4.1.15.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların hidrojen peroksit konsantrasyonuna (H_2O_2) etkisi 79
4.1.16. Uygulamaların çözünebilir protein miktarına etkisi 80
4.1.16.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların çözünebilir protein miktarına etkisi 80

4.1.16.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların çözünebilir protein miktarına etkisi 81
4.1.17. Uygulamaların prolin miktarına etkisi 82
4.1.17.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların prolin miktarına etkisi 82
4.1.17.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların prolin miktarına etkisi 83
4.1.18. Uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi 84
4.1.18.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi 84
4.1.18.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi 85
4.1.19. Uygulamaların besin elementi alımına etkisi 87
4.1.19.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların besin elementi alımına etkisi 87
4.1.19.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların besin elementi alımına etkisi 92
4.2. Tartışma 96

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 109

5.1 Sonuçlar 110
5.2 Öneriler 114

KAYNAKLAR 116

ÖZGEÇMİŞ 136

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
µ	Mikro
°C	Santigrad derece
α	Alfa

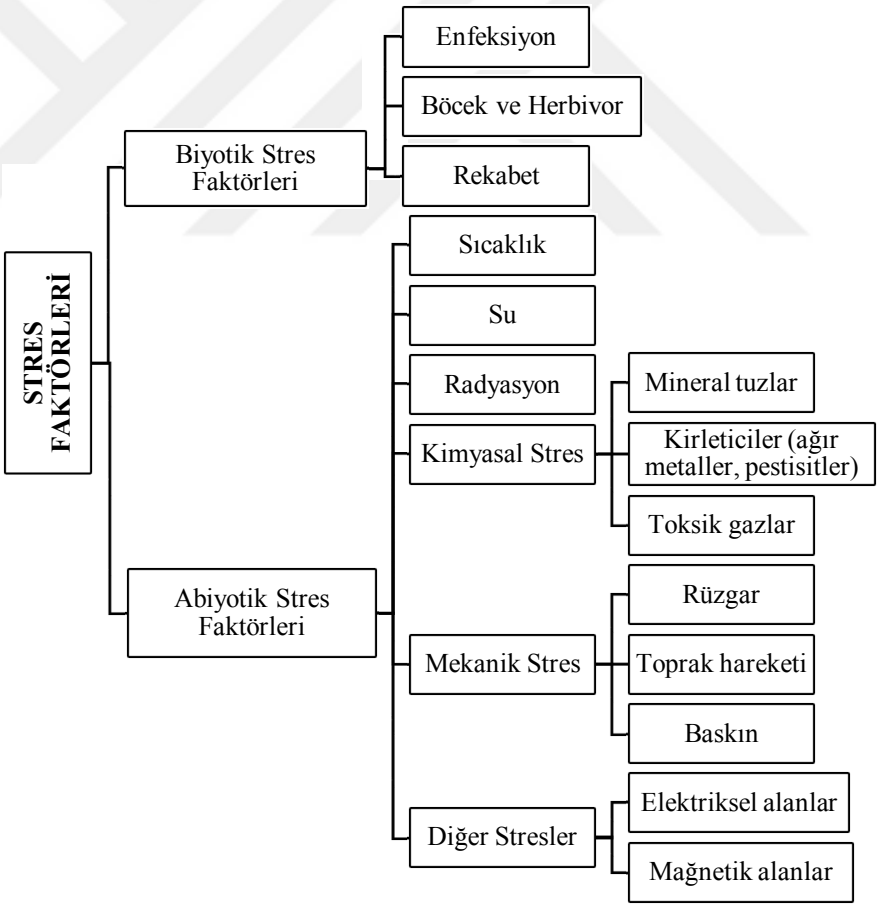
Kısaltmalar

ABA	Absisik Asit
APX	Askorbat Peroksidaz
AsA	Askorbik Asit
BAP	Benzil Amino Pürin
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
CO_2	Karbondioksit
Cu	Bakır
DHA	Dehidroaskorbat
DHAR	Dehidroaskorbat Redüktaz
dk	Dakika
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EC	Elektriksel İletkenlik
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetikasit
Fe	Demir
g	Gram
GA_3	Giberellik Asit
GPX	Glutatyon Peroksidaz
GR	Glutatyon Redüktaz
GSH	Glutatyon
GSSG	Okside Glutatyon
H_2O	Su
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
ha	Hektar
IAA	İndol Asetik Asit
IBA	İndol Bütirik Asit
K	Potasyum
KAT	Katalaz
kg	Kilogram
l	Litre
M	Molar
MDA	Malondialdehit
MDHA	Mono Dehidro Askorbat
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
Mn	Mangan
MPa	Mega Paskal
NADP	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
NH_3	Amonyak

nm	Nanometre
NSİ	Nispi Su İçeriği
O_2	Serbest Oksijen
O_2^-	Süperoksit
OH^-	Hidroksil Radikalleri
PBZ	Paklobutrazol
POD	Peroksidaz
RNA	Ribo Nükleik Asit
ROT	Rekatif Oksijen Türleri
rpm	Dakikada devir
RWC	Oransal Su İçeriği
SNP	Sodyum Nitroprusid
SOD	Süperoksit Dismutaz
U	Ünite
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Çevre faktörleri bir organizmayı birçok yolla etkileyebilir. Çevre faktörleri abiyotik ve biyotik faktörlerdir. Bitkiler her zaman bu çevre faktörlerini optimum yoğunlukta ve miktarda bulamayabilirler. İşte bu abiyotik ve biyotik çevre faktörlerinin uygun olmayan ve zararlı miktarları bitkilerde normal olmayan fizyolojik etkiler göstermektedir. Bitkilerde meydana gelen bu durum stres olarak adlandırılır (Schulze ve ark., 2005). Bitkiler, doğaları gereği karşılaştıkları stres etmenlerinden kaçma yeteneğine sahip olamadıklarından strese doğrudan maruz kalmaktadırlar. Bu doğrudan etki bitki büyümesini ve gelişmeyi olumsuz etkileyerek doku ve organların ölümüne neden olmaktadır (Van Velthuizen, 2007; Kardaş ve Ökmen, 2014). Stres etmenleri abiyotik ve biyotik stres faktörleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005; Schulze ve ark., 2005) (Şekil 1.1.)



Şekil 1.1. Bitkilerdeki stres faktörleri (Schulze ve ark., 2005)

Toprak tuzluluğu, dünya tarımında kuraklıktan sonra en önemli abiyotik stres faktörü olup, özellikle kurak-yarı kurak bölgelerde bitki yetiştiriciliğini engellemektedir. Toprak verimliliği toprağın önemli bir kalite özelliğidir ve besin elementi yönetimi ile yakından ilişkilidir (Esin, 2007). Tuzluluk; özellikle yağış miktarı az, sıcaklığın yüksek olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, toprağın alt katmanlarında bulunan çözünebilir tuzların evaporasyon sırasında kapillarite ile toprak yüzeyine çıkması ve suyun topraktan ayrılmasıyla tuzun toprak yüzeyinde ve bitkinin kök bölgesi seviyesinde birikmesi olayıdır (Epstein ve ark., 1980; Kwiatowsky, 1998). Tuzluluk toprak ortamında bitkinin suyu kolaylıkla almasını engelleyen sebeplerden biridir. Kök bölgesi çözelti ortamında tuz konsantrasyonunun artması ile bitkinin bu suyu alabilmek için harcamak zorunda kaldığı enerji miktarı da artar ve sonuçta tuzluluk arttıkça bitkinin su kullanımı azalır. Bitkinin su kullanımının zorlaşması ve azalması, bitki verimi ve kalitesini olumsuz etkiler (Kara ve Apan, 2000; Yurtseven ve ark., 2001). Tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimin düşme sebebi bitkilerin, tuz düzeyi sürekli artan çevreye uyum gösterememeleridir (Kanber ve ark., 1992). Maas ve Hoffman (1977) tuzluluğun artması ile bitkilerde belli bir noktadan sonra verimde sürekli bir azalmanın söz konusu olduğunu vurgulamışlardır. Topraktaki tuzluluk miktarı ise bitkinin kök bölgesinden alınan doymuş toprak çamuru örneğinin elektrik iletkenliğine (EC) göre hesaplanmakta ve tuzluluk oranına göre sınıflandırılmaktadır (Çizelge 1.1) .

Çizelge 1.1. Toprak elektrik iletkenliğine göre tuzluluk sınıfları (Kwiatowsky, 1998; Shannon ve Grieve, 1998)

EC (dS/m)	Tuz Seviyesi (%)	Toprak Tuzluluk Sınıfı
0-2		Tuzsuz
2-4	0-0.15	Hafif Tuzlu
4-8	0.15-0.35	Orta Tuzlu
8-16	0.35-0.65	Çok Tuzlu
>16	>0.65	Aşırı Tuzlu

Tuzluluk toprak kaynaklı olabildiği gibi insan kaynaklı da olabilmektedir. İnsan kaynaklı tuzlanan topraklar, sulama sularının kalitesizliği, aşırı kimyasal gübre kullanımı ve yanlış sulama sonucunda yer altı suyunun yükselmesinden meydana gelebilmektedir. Yağışların yetersiz kaldığı kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama sularındaki yüksek çözünmüş madde konsantrasyonu drenaj sistemiyle yıkanamamakta, böylece tuzlar

toprak yüzeyinde birikmektedir. Bu durum tarım alanlarında tuzluluğun artmasındaki temel nedenlerdendir (Rhoades, 1992; Munns, 2002). Sulama suyu olarak kullanılan sularda değişen miktarlarda çözünmüş tuzlar bulunmaktadır. Sulama suları içerdiği tuz yoğunluğuna göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Çizelge 1.2.).

Çizelge 1.2. Sulama suyu tuzluluk sınıfları (Anonim, 1992)

EC (dS/m)	Tuz Yoğunluğu (mg/l)	Suyun Tuzluluk Sınıfı	Suyun Tipi
< 0.7	< 500	Tuzsuz su	İçilebilir ve sulamada kullanılabilir su
0.7-2	500-1500	Az tuzlu su	Sulama suyu
2-10	1500-7000	Orta tuzlu su	Birinci derecede drenaj ve yeraltı suyu
10-25	7000-15000	Yüksek tuzlu su	İkinci derecede drenaj ve yeraltı suyu
25-45	15000-35000	Çok yüksek tuzlu su	Çok tuzlu yeraltı suyu
> 45	> 45000	Tuzlu su	Deniz suyu

Bitkiler tuzluluğa toleransta gösterdiği farklılıklardan dolayı halofitler ve glikofitler olmak üzere ikiye ayrılır. Doğadaki birçok bitki glikofit olup tuz stresine dayanamamaktadır. Halofit bitkiler ise yüksek tuzluluk altında doğal olarak yetişirler ve bu yüzden tuz stresine toleranslıdırlar. Glikofit bitkilerde 100-200 $mmolL^{-1}$ NaCl'de ciddi şekilde büyüme engellenir veya ölümler meydana gelse de, halofit bitkiler hayatta kalabilir, hatta 300 $mmolL^{-1}$ NaCl'den fazla tuzlulukta bile canlı kalabilirler. Topraktaki çok yüksek seviyedeki tuza, örneğin 700-1020 $mmolL^{-1}$ NaCl'ye tolerant halofit türler bile mevcutken, tuza çok hassas glikofit türler de bulunmaktadır (Çizelge 1.3). Örneğin elma, kiraz, avokado ve turunçgiller gibi meyve türleri litrede birkaç milimol NaCl'ye bile duyarlıdır (Maas ve Hoffman, 1977; Zhu, 2007).

Çizelge 1.3 Bazı meyve türlerinin tuza tolerans dereceleri (Maas ve Hoffman, 1977)

Toleranslı	Orta Toleranslı	Çok Hassas
Hurma *(Pheoneix dactylifera)*	İncir *(Ficus carica)*	Altıntop *(Citrus paradisi)*
	Nar *(Punica granatum)*	Limon *(Citrus limon)*
	Zeytin *(Olea europea)*	Mandarin *(Citrus reticulata)*
		Portakal *(Citrus sinensis)*
		Badem *(Amgydalus communis)*
		Kayısı *(Prunus armeniaca)*
		Kiraz *(Prunus avium)*
		Elma *(Malus communis)*

Tuzluluk iklimsel, hidrojeolojik ve tarımsal faktörlerden kaynaklanan karmaşık bir sorundur. İklim ve hidrojeolojik süreçlerin etkilerini azaltmak için imkanlar ve yapılan uygulamalar kısıtlı veya pahalıdır. Bu nedenle tuzlu su sızmalarını önlemek için uygun tarım alanları tavsiye edilebilmektedir (Kwiatowsky, 1998). Tuzlu toprakların ıslahı için uygulanan fiziksel ıslah yöntemleri genellikle zaman alıcı ve oldukça pahalı olduğundan her zaman ve her ülkede kullanılamamaktadır (Epstein, 1985; Ashraf ve ark., 1986). Yapılan çalışmaların çoğu kimyasal ıslah odaklı olup büyüme ve verimlilik üzerinde tuz stresinin ciddi etkilerini azaltmak amacıyla yapılmıştır. Ancak günümüzde bitki büyümesini teşvik eden bakteri inokulasyonu vasıtasıyla biyolojik yaklaşım da denenmeye başlanmıştır (Karlidag ve ark., 2011a). Meyve yetiştiriciliğinde tuz uyartılı beslenme sorunlarını hafifletecek, hızlı ve uzun süre etkili uygulamaların geliştirilmesi büyük öneme sahiptir. Bu açıdan bitki yetiştiriciliğinde son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayan bitki büyümesini artıran rizobakterilerden yararlanılmaktadır.

Sentetik kimyasallar yerine faydalı mikroorganizmalardan oluşan biyogübrelerin kullanımı ile bitki büyümesi artırılmakta, çevreye verilen zararlar büyük ölçüde önlenmekte ve toprak verimliliği korunmaktadır (O'connell, 1992). Bitki kök bölgesinde bitkilerle ortak yaşayan birçok bakteri türünün mevcut olduğu ve bunların bazılarının bitkilerde değişen oranlarda vejetatif ve generatif büyümeyi arttırıcı etki gösterdikleri bildirilmektedir. *Acinetobacter, Alcaligenes, Arthrobacter, Azospirillium, Azotobacter, Agrobacterium, Bacillus, Beijerinckia, Burkholdria, Clostridium, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Klebsiellla, Micrococcus, Pseudomonas, Rhizobium, Rhodobacter, Rhodospirrilum, Serrotia*, *Serratia,* ve *Xanthomonas* cinslerine mensup olan bu bakteriler genel olarak 'Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteriler' (BBAR) şeklinde isimlendirilmektedir (Bloemberg ve Lugtenberg, 2001; Vessey, 2003; Niranjan Raj ve

ark., 2005; Esitken, 2011). Bitki büyümesini artırıcı rizobakteriler toprak ve bitki rizosferinde bulunurlar. Bu bakteriler sürdürülebilir tarımda büyük bir öneme sahiptir. Bitki hastalıklarının biyokontrolü, bitki gelişimini teşvik etme, biyogübreleme ve büyümeyi düzenleyici maddelerin üretimi gibi işlevlere sahiptirler. BBAR'ler genel olarak bitkide besin elementi oranını artıran biyogübreler, bitkisel hormon üretimiyle bitki büyümesini teşvik eden fitostimülatörler, organik kirleticileri parçalayan rhizoremediatörler ve antibiyotik ve antifungal metabolit üretimiyle hastalıkları kontrol eden biyopestisitler olarak gruplandırılmaktadır (Khalid ve ark., 2004; Şahin ve ark., 2004; Antoun ve Prévost, 2005). Bununla beraber, BBAR'ler esas olarak bitki gelişiminde, tohum çıkışında veya ürün veriminde doğrudan etkili olan BBAR'ler ve biyo-kontrol ile bitki gelişmesine dolaylı olarak yararlı olan BBAR'ler olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır (Glick ve ark., 1999).

Sözkonusu bakterilerin doğrudan etki mekanizmaları değişik yollarla bitki büyümesinin direkt olarak teşvik edilmesidir. Asimbiyotik azot fiksasyonu, inorganik fosforun çözünürlüğünün artırılması ve organik fosfor bileşiklerinin mineralizasyonu, siderophore üretimi yoluyla demir ve organik asit üretimi ile diğer bazı iz elementlerin alımınının artırılması ile faydalı bakteriler bitkilerin mineral beslenmesini iyileştirerek büyümeyi teşvik edebilirler. Ayrıca, oksinler, gibberelinler, sitokininler gibi bitkisel hormonların üretilmesi, ACC deaminaz enzim aktivitesi yoluyla etilen sentezinin engellenmesi, çevresel stresi azaltma; bakteri-bitki ilişkisinde uyum, vitamin sentezi, kök geçirgenliğini artırma yoluyla da bitki büyümesi doğrudan artırılabilir (Esitken ve ark., 2003; Zahir ve ark., 2003; Fuentes-Ramirez ve Caballero-Mellado, 2005; Aslantaş ve ark., 2007; Cakmakci ve ark., 2009). Bu mekanizmalar ile BBAR'ler çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, krolofil içeriği, Mg, N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa ve tuzluluğa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta absisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine fayda sağlamaktadır (Lucy ve ark., 2004). Birinci grup BBAR'ler farklı mekanizmalarla bitki gelişmesini doğrudan artırırken, ikinci grupta bulunanlar fitopatojenlerin zararlı etkilerini önlemekte veya azaltmaktadır.

Dolaylı olarak bitki gelişiminin teşvik edilmesi, bitki dayanıklılığının artırılması veya engelleyici maddelerin salgılanması yoluyla bitki patojenlerinin zararlı etkilerinin azaltılmasını kapsar. Antibiyotik üretimi ile hastalıkları azaltan biyokontrol ajanları olarak rol oynarlar, değişik organik bileşiklerle bulaşık olan topraklarda engelleyici

ksenobiyotikleri parçalayarak bitkileri korurlar (Esitken ve ark., 2003; Fuentes-Ramirez ve Caballero-Mellado, 2005; Çakmakçı ve Erdoğan, 2006; Sıddıqui, 2006; Aslantaş ve ark., 2007). Doğrudan etki mekanizmasında olduğu gibi dolaylı etki mekanizmasında da BBAR'ler değişik yollarla zararlı organizmaları etkileyerek bitki büyümesini artırabilirler. BBAR tarafından biyokontrol mekanizmasının esası Phenazine-1-carboxylic acid, 2,4-diacetyl phloroglucinol (DAPG), Oomycin, Pyuloteorin, Pyrrolnitrin, Kanosamine, Zwittermycin-A ve Pantocin gibi antibiyotiklerin üretimini sağlayabilmesidir (Whipps, 2001; Fernando ve ark., 2005). Bu antibiyotikler geniş spektrumlu bir aktiviteye sahip olup, en çok incelenen ve en etkili olan DAPG (2,4-diacetylphloroglucinol)'dir (Raaijmakers ve ark., 2002).

Bakterilerin antifungal maddeler, siderofor ve antibiyotik sentezi dışında patojen gelişmesini engelleyici diğer bazı mekanizmalara daha sahip olduğu bilinmektedir. *Pseudomonas* benzeri bazı bakterilerin hidrojen siyanit sentezlemeleri ve bu yolla mantar gelişimini engellemeleri, *Rhizoctonia, Sclerotium* ve *Pythium* patojenlerinin zararını azaltması, BBAR kök yüzeyinde besin elementleri bakımından rekabete girerek bitkileri patojenlerden koruması, bitki ve tohumların BBAR ile aşılanması uzun dönemde hastalıklara neden olan funguslara karşı geniş etkili bir sistemik dayanıklılık sağlaması, gibi etkileri vardır (Çakmakçı, 2005).

BBAR'ler bitki gelişmesinde yararlı etkilere sahip olup, birçok üründe bitki büyümesi ve verimi artırdığı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Elma, kiraz, turunçgiller, yaban mersini, dut, çilek ve vişnede bitki büyümesini ve verimi artırdığı tespit edilmiştir (Kloepper, 1994; Sudhakar ve ark., 2000; Esitken ve ark., 2006; Pirlak ve ark., 2007; İpek ve ark., 2009; Arikan ve Pirlak, 2016). Son yıllarda ise değişik bitki türlerinde kuraklık, tuzluluk, düşük sıcaklık gibi stres şartlarında bu rizobakterilerin kullanımı giderek artmıştır. Ancak meyve ürünlerinde BBAR etkilerinin araştırıldığı çalışmalar sınırlı sayıdadır. Yapılan çalışmalarda bu bakterilerin tuzlu şartlarda çilekte besin elementi alınımı ve verimi, turunçgil anaçlarında bitki ve kök büyümesini artırdığı tespit edilmiştir (Karlidag ve ark., 2011a; Karlidag ve ark., 2013; Arikan ve ark., 2016). Bu çalışmada ise potansiyel olarak bitki verimini ve bitki gelişmesini artırabilme, stres şartlarında yaşayabilme ve etki gösterebilme özelliğine sahip bazı bitki büyümesini artırıcı bakteri ırkı (*Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, *Kocuria erythromyxa* EY43)

uygulamalarının elma ve kiraz fidanlarında tuzlu ortam şartlarında bitki gelişimi ve bitki besin elementi alımı üzerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bitkiler gelişimleri boyunca meydana gelen kuraklık, tuzluluk, su basması, aşırı soğuk ve sıcaklıklar, radyasyon, böcek zararı, toksik metaller, bakteri ve mantarlar gibi biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden olumsuz yönde etkilenir (Çakmakçı, 2009). Bu abiyotik stres faktörlerinden tuzluluk, ülkemiz topraklarında karşılaşılan en büyük sorunlardan biridir. Meydana gelen iklim değişiklikleri sonucu özellikle kurak alanlarda sıcaklıkların artması ve yağışların azalmasıyla tuzların yıkanamayarak üst toprakta birikmesi ve tarım alanlarında yapılan yanlış sulamalar sonucu bitkilerde tuz stresi meydana gelmektedir. Tuz stresinin başlaması ve devam etmesi sonucunda bitkilerde birçok ciddi morfolojik ve fizyolojik bozukluklar oluşmaktadır. Tuz stresi ile fotosentez, protein sentezi, enerji ve yağ metabolizması etkilenmekte, bitkide vejetatif ve generatif büyüme kısıtlanmakta, döllenme bozukluklarına, meyvelerin küçük kalmasına ve sonuçta bitkinin ölmesine neden olmaktadır (Carillo ve ark., 2011; Dölarslan ve Gül, 2012).

2.1. Bitkilerde Tuzluluk Stresinin Etkileri

Tuzluluğun bitkiler üzerindeki etkisi doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılır. Tuz stresinin doğrudan etkisi; ozmotik stres ve iyon stresi olarak meydana gelir. Dolaylı etkisi (sekonder etki) ise bu stres faktörlerin bitkide meydana getirdiği yapısal bozukluklar ve toksik bileşiklerin sentezlenmesidir. Tuzluluğun sekonder etkisi; oksidatif stres, fotosentezin engellenmesi ve metabolik toksisite gibi fizyolojik olaylardır (Botella ve ark., 2005; Çulha ve Çakırlar, 2011).

2.1.1. Ozmotik stres

Ozmotik stres, kullanılabilir su eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Toprakta çözünmüş mineral tuz konsantrasyonunun artması ve su potansiyelinin azalmasıyla birlikte ortamın ozmotik basıncı yükselmekte ve ayrıca bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşmekte, böylece suyun kimyasal aktivitesi azalmakta, bu da kuraklık benzeri bir etkiye neden olmaktadır (Borsani ve ark., 2003). Bu olay ozmotik stres ya da "fizyolojik kuraklık" olarak adlandırılmaktadır. Bu nedenle bitkinin su alınımının ve beslenmesinin yavaşlaması ve hatta durmasıyla birlikte bitkilerde bir dizi olay meydana gelir. Bitkilerin besin elementlerini alamamasıyla metabolizmaları bozulur ve tuz

stresinin şiddeti ve süresine göre büyüme, gelişme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olay etkilenir (Ekmekçi ve ark., 2005; Yılmaz ve ark., 2011).

2.1.2. İyon stresi

Tuz stresi, su potansiyelini azaltmanın yanında hücredeki iyon dengesini bozarak da bitki gelişimini etkilemektedir. Yüksek tuzluluk hücrede Na^{+}, Cl^{-} ve SO_4^{-2} düzeyinin artmasına, Ca^{+2}, K^{+} ve Mg^{+2} konsantrasyonlarının ise azalmasına sebep olmaktadır (Parida ve Das, 2005). Bu iyonların yüksek konsantrasyonlarda birikimine "spesifik iyon toksisitesi" adı verilmektedir. Spesifik iyon toksisitesi, klorit, sodyum ve diğer iyonların fazla miktarda hücre içerisine alınmasıyla iyon dengesizliğine neden olmaktadır (Mudgal ve ark., 2010). Yüksek NaCl konsantrasyonunda Na^{+} iyonları hücre içerisine K^{+} iyonlarının alımını negatif yönde etkiler, bu durum besin elementinin girişini azaltır. Bitkilerdeki yüksek Na^{+}/K^{+} oranı ise bazı enzimatik işlemleri bozabilmektedir (Yıldıztugay, 2011). Hücrelere giren Na^{+}, anyon kanalları yoluyla Cl^{-} iyonları girişini kolaylaştırır, bu durum NO^{-}_3 NH^{+}_4 alımını azaltır. Böylece bitkilerde nitrat redüktaz aktivitesi olumsuz yönde etkilenir (Tuteja, 2007; Türkan ve Demiral, 2009). Ayrıca Na^{+}, hücre zarı için gerekli Ca^{+2} iyonu alımını engelleyerek yerine geçer, bu da zarın fizyolojik ve fonksiyenel yapısında bozukluklara neden olur (Çulha ve Çakırlar, 2011).

2.1.3. Oksidatif stres

Tuz stresi bitkiler için kompleks bir olay olup, pek çok metabolik aktiviteyi etkilemektedir. Ozmotik stresten kaynaklanan su eksikliği sonucunda bitkilerde süperoksit molekülü (O_2^{-}), singlet oksijen ($^1O_2$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikalleri (OH^{-}) gibi çeşitli reaktif oksijen türleri (ROS) oluşmaktadır. Reaktif oksijen türleri (ROS), stres şartlarında oksijenin elektron alarak indirgenmesi sonucunda aerobik metabolizma sürecinde üretilmekte ve en az bir çift eşleşmemiş elektrona sahip oldukları için kararsız haldedirler (Sultana ve ark., 1999; Apel ve Hirt, 2004; İpek, 2015). Hücresel metabolizmalarda ROS'lar normal şartlarda sürekli üretilmektedir ve çeşitli korunma sistemleri ile düşük konsantrasyonlarda tutulmaktadır. Bitki gelişiminde önemli rol oynayan hormonal sinyal üretiminde ve metabolik ve fizyolojik düzenlemelerde "oksidatif sinyal molekülü" olarak da görev yaparlar (Swanson ve Gilroy, 2010). Ancak, çevresel stres faktörlerinin (tuzluluk, kuraklık, yüksek veya düşük sıcaklık, UV, ozon

gibi) etkisi ROS'ların sentezlenmesini tetikleyerek birikimine neden olur (Van Breusegem ve ark., 2001; Gill ve Tuteja, 2010)

Yüksek tuz şartları altında ozmotik potansiyeldeki artış, Na^+ iyonlarının sitoplazmada birikmesine ve hem fotosentetik hem de solunumdaki elektron taşınımının sekteye uğramasına neden olmaktadır (Allakhverdiev ve ark., 1999). Sonuçta Calvin döngüsünde ortamda indirgenecek $NADP^+$ olmayınca ferrodoksinin fazla elektronu moleküler O_2'ye transferi sonucunda reaktif O_2^- radikali üretilir (Mehler reaksiyonu) (Tambussi ve ark., 2000). Bu radikal direkt olarak zararlı olmamakla birlikte, H_2O_2 kaynağı olması ve geçiş metalleri iyonlarının indirgeyicisi olması ile dolaylı etkilere sahiptir. O_2^- radikalinin çevresindeki moleküllerin iki proton ile birleşmesi sonucu hidrojen peroksit ve O_2 meydana gelir. H_2O_2; demir, bakır veya diğer geçiş metallerinin varlığında Fenton reaksiyonu sonucu oluşan O_2^- radikali ile en reaktif ve zarar verici olan hidroksil radikalini (OH^-) oluşturur (Haber-Weiss reaksiyonu) (Jamei ve ark., 2009; Parvaiz ve ark., 2010). Oluşan bu OH^- ise tiyoller ve yağ asitleri ile tepkimeye girerek diğer zararlı radikallerin (R^*, ROO^*, RS^* vb.) oluşumuna neden olur (Yılmaz ve ark., 2011).

$$Fe^{3+} + O_2^{*-} \longleftrightarrow Fe^{2+} + O_2$$

$$Fe^{3+} + O_2^{*-} \longrightarrow Fe^{3+} + HO^* + OH^-$$

Fenton Reaksiyonu

$$O_2^{*-} + H_2O_2 \xleftrightarrow{\text{Cu ve/veya Fe}} O_2 + HO^* + OH^-$$

Haber-Weiss Reaksiyonu

2.1.4 Tuz stresinin bitki fizyolojisi üzerine etkileri

Tuz stresi bitkilerde stomatal kaynaklı ve stomatal kaynaklı olmayan sınırlamalar nedeni ile fotosentetik aktivitede azalmaya sebep olmaktadır. Bitkiler tuz stresi altında kullanabilir su eksikliği nedeniyle su alamazlar. Bu durumda bitki stomalarını kapatır (Iyengar ve Reddy, 1996). Stomaların kapanması ABA miktarındaki artış, bekçi hücrelerindeki turgorun azalması veya epidermis hücrelerinde yeterli düzeyde K iyonunun olmamasından kaynaklanmaktadır. Stomaların kapanması transpirasyonu engelleyerek stoma iletkenliğinin azalmasına ve fotosentez için gerekli CO_2 alımının engellenmesine neden olmaktadır (Munns ve Tester, 2008). Ayrıca yüksek tuz şartları Na^+ iyonlarının stoplazmada birikmesine ve böylelikle PSII de elektron taşınım

aktivitesinin sekteye uğramasına neden olmaktadır. Bu durumda ışığı absorbe edip fotosentetik elektron taşınımında kullanamayan bitkilerde fotosentez oranı düşer. Bu olay "fotoinhibisyon" olarak adlandırılır (Lu ve ark., 2002). Enerji birikimi ve akışındaki bozukluğun devam etmesi de fotosentez yapan organların hasar görmesine yol açmaktadır. Dolasıyla yapraklarda kloroz ve nekrozlar ortaya çıkmaktadır (Kılıç, 2005). Ayrıca fotosentetik dokularda tuzluluğun artışı klorofil ve karotinoid gibi fotosentetik pigmentlerin parçalanmasına neden olmaktadır (Sultana ve ark., 1999; Ashraf, 2004).

Abiyotik stres etmenleri altındaki bitkilerde ilk etki membranların zarar görmesidir. Tuz stresi ile plazma membranlarında kalsiyum iyonlarının yerine sodyum iyonlarının geçmesiyle membran geçirgenliği bozulmakta ve membran kararsız bir yapı göstermektedir (Gupta ve ark., 2002). Ayrıca hücre zarının yapısındaki fosfolipidler, lipidlerin sentezlenmesini sağlayan enzimlerdeki değişimler sonucu zarar görmektedir. Bu durumda zarın akışkanlığı ve geçirgenliği olumsuz yönde etkilenmektedir (Huang, 2006).

Kuraklık stresinde olduğu gibi tuz stresinde de hormonal denge etkilenmektedir. Stres hormonu olarak bilinen absisik asitin (ABA) sentezi tuz stresindeki bitkilerin köklerinde artış göstermekte, buna karşın sitokonin düzeylerinde azalış olmaktadır. Tuz stresi altındaki bitkilerin yapraklarında ABA birikmesi stomaların kapanmasına ve fotosentezin azalmasına neden olur (Zhu, 2002; Zhang ve ark., 2006). Stres şartlarında köklerde sentezi artan bir diğer hormon ise etilendir. Olgunlaştırma hormonu olarak bilinen etilen bitki gelişimi için önemli olmakla birlikte tuzluluk, kuraklık, yüksek sıcaklık gibi stres faktörlerinde miktarı artmakta ve gelişmeyi engellemektedir. Yüksek miktarda etilen üretimi kök gelişimini, uzamasını ve oksin taşınımını engellemekte ve yaprak yaşlanması ve dökümlerini hızlandırmaktadır (Arshad ve Frankenberger, 2002; Tank ve Saraf, 2010).

Tuz stresi bitkilerde bazı morfolojik etkilere de neden olmaktadır. Genel olarak kök, gövde, sürgün büyümesi azalmakta, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalmalar, yaprak alanında küçülmeler meydana gelmektedir (Greenway ve Munns, 1980). Gövde gelişimi kök gelişimine göre daha fazla etkilenmekte olup, bitki büyüme oranını azaltmaktadır. Dolayısıyla tuzlu şartlarda yetiştirilen bitkilerin boyu kısa olmakta ve böylece bodurluk meydana gelmektedir (Yang ve ark., 1990; Savvas ve Lenz, 2000). Ayrıca tuzluluk stoma sayısı ve yaprak sayısında azalmalara ve üretken evrede çiçek sayısında azalmalara neden olmaktadır (Munns, 2002).

2.2. Bitkilerin Tuz Stresine Karşı Geliştirdiği Tolerans Mekanizmaları

Bitkilerin yüksek konsantrasyondaki çözünebilir tuzları içeren ortamlarda büyüyebilme ve yaşamlarını sürdürebilme yetenekleri "*tuz toleransı"* olarak adlandırılmaktadır (Parida ve Das, 2005). Tuz toleransı, bitkilerin yüksek tuzluluk seviyelerinde tuz stresine dayanıklılığın bir göstergesidir. Bitkilerin tuza toleransı bitki türüne ve çevre şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Levitt (1980) ve Marschner (1995) tuz toleransını, tuzdan sakınım ve tuzu kabullenme mekanizmaları ile açıklamışlardır. Bu mekanizmalardan biri gelişmiş ise bitki türünün tuz stresine dayanımının yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

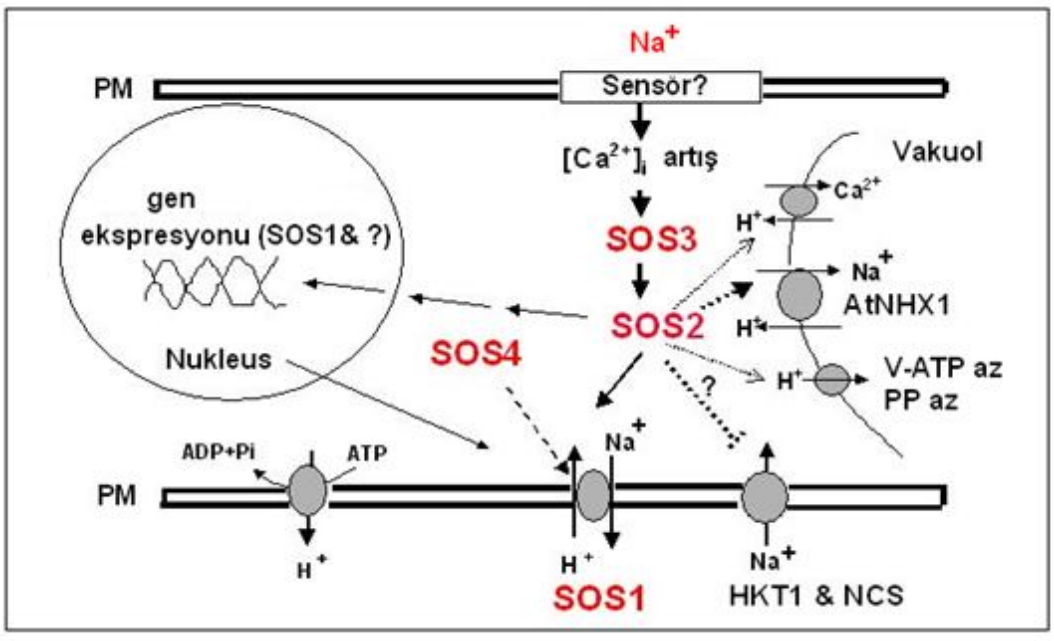
Bitkiler tuz stresinin üstesinden gelmek için stres algılanması, sinyal iletimi, antioksidan sistemler ve uygun gen ekspresyonu gibi biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar geliştirmişlerdir (Iyengar ve Reddy, 1996; Bartels ve Sunkar, 2005).

2.2.1. İyon dengesi ve sinyal iletimi yolu

Bitkiler tuz stresi altında yaşamlarını devam ettirebilmeleri için potasyum (K^+) ve sodyum (Na^+) iyon dengesini sağlamaları gerekmektedir. Tuz stresi ile Na^+ iyonlarındaki artış, bitki kök hücreleri tarafından K^+ alımını engellemektedir (Hasegawa ve ark., 2000; Wang ve ark., 2003). Bitkiler toksik seviyedeki Na ve Cl iyonlarını farklı mekanizmalar ile etkisiz hale getirmektedirler. Yüksek Na^+ konsantrasyonlarında bitkiler Na^+ iyonunun zararlı etkisinden korunmak için Na^+ iyonunu kök hücrelerindeki Na pompaları ile dışa vermekte veya Na^+ iyonlarını vakuollerde depolamaktadır. Sitoplazmadaki tuz iyonlarının atılması veya depolanması tuz uyarıcı bir enzim olan Na^+/H^+ antiportu tarafından yapılmaktadır (Smirnoff, 1998). Na^+/H^+ antiportu, hücresel pH'ın ve Na^+ dengesinin sağlanmasında önemli bir yere sahip olup, bu enzim Na^+ iyonunun vakuole taşınmasını sağlayarak sitoplazmadaki zararlı etkisini ortadan kaldırılması ve Na^+ iyonunun vakuolde birikimini sağlayarak osmotik dengenin korunması ve böylece hücreye su girişini sağlamaktadır (Apse ve ark., 1999; Shi ve Zhu, 2002). Na^+/H^+ antiportu, iyonların vakuole taşınması ve depolanmasını sağlamak için gerekli enerjiyi H^+ pompalarından sağlamakta olup, bunlar tonoplastta bulunan vakuolar- H^+ ATPaz (V-ATPaz) ve vakuolar pirofosfataz (V-PPaz)'dır (Dietz ve ark., 2001; Mansour ve ark., 2003). V-ATPaz sekonder transportu harekete geçirmek, çözücü homeostazını sağlamak

gibi görevleri nedeniyle tuz stresi şartlarında hücrelerin canlı kalmaları, V-ATPaz'ın aktivitesinin düzenlenmesine bağlıdır (Yokoi ve ark., 2002a; Parida ve Das, 2005).

Bitkiler yüksek tuz konsantrasyonlarına toleransta sitozolik Ca^{+2} iyonunda artış sağlamaktadır. Tuz stresinde hücre dışında veya vakuolde etkileşen iyon taşıma sistemleri ile kalsiyum kanalları aktifleşir ve Ca^{+2} iyonunun sitozole aktarımı gerçekleştirilir. Ca^{+2} iyonunun artışı tuz toleransı ile ilgili sinyal yolunun uyarılmasını tetiklemektedir (Rao ve ark., 2006; Tuteja, 2007). Tuz toleransında etkili sinyal yolu *Arabidopsis thaliana* (L.) bitkisinde belirlenen 3 genle (SOS1, SOS2 ve SOS3) düzenlemekte ve SOS sinyal yolu olarak adlandırılmaktadır. Bu sinyal yolu Na^{+}, Ca^{+2} ve K^{+} iyon dengesini sağlamaktadır (Halfter ve ark., 2000; Qiu ve ark., 2002). Sitozoldeki Ca^{+2} artış, Ca^{+2} bağlayıcı proteinlerini kodlayan gen (SOS3) tarafından algılanır ve SOS3 proteini, protein kinaz (CIPK) olarak bilinen serin/theronin tipi protein kinaz genini (SOS2) aktivite eder. Dolayısıyla SOS2 proteinin aktivitesi Ca^{+2} iyonu ve Ca^{+2} iyonu artışı ile uyarılan SOS3 proteine bağladır (Bertorello ve Zhu, 2009). Bu durumda meydana gelen SOS3-SOS2 bileşimi, Na^{+2}'nın atılması ve depolanmasını sağlayan Na^{+}/H^{+} antiportu geni olan SOS1'i kodlamaktadır. Böylece SOS1 proteinlerin aktive edilmesiyle tuz stresi altında iyon dengesi sağlanmaktadır (Shi ve ark., 2000; Yokoi ve ark., 2002a).



Şekil. 2.1. SOS Sinyal Yolu (Seçkin, 2010)

2.2.2. Bitki büyümeyi düzenleyici maddeler ve düzenleyici ozmolitlerin biyosentezi

Stres altındaki bitkilerde reaktif oksijen türleri absisik asit (ABA), etilen, salisilik asit (SA), jasmonik asit ve brassinosteroidler gibi bitkisel hormonların da sentezine neden olur ve bu hormonlar çevresel streste savunma mekanizmalarında gereklidir. Bitkiler tuzluluk, kuraklık, soğuk stresi gibi stres etmenlerinin etkisinde kaldıklarında absisik asit (ABA) sentezlemektedirler (Borsani ve ark., 2003). Stres şartlarında bitkilerde ABA birikimine karşın sitokinin düzeylerinde azalış meydana gelmektedir (Kuiper ve ark., 1990). Stres şartlarında yapraklarda ABA birikimi stoma bekçi hücrelerini uyararak stomanın kapanmasını ve böylece su kaybını azaltmayı sağlamaktadır (Bressan, 2008). Absisik asit tuz stresi altındaki bitkilerde çeşitli genlerin teşvik edilmesinden ve NaCl'in bitki üzerindeki engelleyici etkisinin ortadan kaldırılmasından sorumludur (Parida ve Das, 2005). Ayrıca ABA, bitki köklerinden K^+ iyonunun alınımını ve birikimini ve Ca^{+2} iyonunun sitoplazmada birikimini teşvik etmektedir (Borsani ve ark., 2003).

Bitki büyümeyi düzenleyici maddelerden olan jasmonik asit (JA) ve onun metil esterleri olan metil jasmonat (MeJA) bitkilerde stres durumunda anında birikmekte ve sinyal iletimi ile bitkiyi uyarmaktadır (Gundlach ve ark., 1992; Mueller ve ark., 1993). JA ve MeJA çevresel stres şartlarında protein yapısındaki enzimlerin bağlı bulunduğu genleri uyararak enzimlerin aktif olmasını sağlamaktadır (Pedranzani ve ark., 2003).

Bitkiler karşılaştıkları çevresel stres faktörler sonucu ozmotik strese maruz kalırlar ve ozmotik dengeyi sağlamak için düşük molekül ağırlıklarına sahip, toksik olmayan ozmotik koruyucu maddeler (osmoprotektantlar, ozmolitler) biriktirirler (Djilianov ve ark., 2005; Hussain ve ark., 2008). Bu ozmolitler; kuaterner amonyum bileşikleri (betainler), amino asitler (prolin), proteinler, poliaminler (diamin putresin, spermidin), organik asitler, şekerler, polyoller (mannitol, sorbitol, pinitol), trehaloz ve fruktantlardır (Munns, 2005). Osmolitlerin temel görevi bitkide turgorun devamını sağlayarak dehidrasyona uğramış hücrelerde makromoleküllerin stabilitesini sağlamaktır. Ayrıca zar bütünlüğünün ve pH'ın korunması, azotun depolanması ve ROS'ların zararlı etkisinin detoksifikasyonunda görev almaktadırlar (Smirnoff, 1998; Mansour, 2000; Chen ve ark., 2007b).

Stres şartlarında bitkilerde biriken ozmolitlerden en yaygın olanı bir aminoasit olan prolindir (Ábrahám ve ark., 2003; Yıldız ve ark., 2010). Prolin, sitoplazmada prolin-5-karboksilaz sentetaz (P5CS) ve prolin-5-karboksilaz redüktaz (P5CR) enzimlerinin katalizlediği tepkimeler ile glutamattan sentezlenmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011).

Prolin tuz stresinde sentezlenmekte ve büyüme için gerekli azot ve karbon depolanmasını sağlamaktadır (Jain ve ark., 2001). Prolin birikimi, membran stabilitesi sağlanmasında, serbest radikallerin yakalanmasında, NADP + /NADPH oranının korunmasını sağlayarak hücresel redoks potansiyelinin iyileştirilmesinde görev almaktadır (Hare ve Cress, 1997; Hare ve ark., 1998).

Betainler, kuaterner amonyum bileşikleri olup stres şartlarında en fazla birikeni glisinbetaindir (Mansour, 2000; Sakamoto ve Murata, 2002). Glisinbetain kloroplastlarda bulunur ve fotosentetik aktivitenin membranların yapısal bütünlüğünün sağlanmasında ve protein komplekslerinin (PSII) yapısal stabilizasyonunun sağlanmasında görev alır (Yokoi ve ark., 2002b; Ashraf ve Harris, 2004).

Stres şartlarında biriken diğer bir ozmotik koruyucu olan polyoller, siklik (pinitol, ononitol) ve asiklik (mannitol, sorbitol, gliserol) olarak ikigruba ayrılmaktadır (Sun ve ark., 1999). Polyollerde osmotik streste ROS'ların temizlenmesinde ve ozmotik dengenin sağlanmasında görev almaktadırlar. Dolayısıyla hücrede suyun tutulmasını ve Na^+ iyonlarının vakoullerde birikimini sağlamaktadırlar (Ashraf ve Harris, 2004; Yıldız ve ark., 2010).

Tuz stresi altında sentezlenen ve biriken ozmolitlerden bir diğeri karabonhidratlardır. Glikoz, fruktoz, sükroz gibi düşük molekül ağırlıklı şekerler ve trehaloz, rafinoz ve fruktanlar stres şartlarında ozmotik dengeyi sağlamada, ROS'ların temizlenmesinde ve karbon depolamada görev alırlar (Parida ve ark., 2002; Yokoi ve ark., 2002a; Parida ve Das, 2005).

2.2.3. Antioksidan enzim sistemleri

Hayatları boyunca bitkiler tuzluluk, kuraklık, sıra dışı sıcaklıklar, fazla ışık, ağır metaller ve çeşitli kimyasallar gibi pek çok elverişsiz çevre şartlarına maruz kalırlar. Tüm bu olumsuz faktörler bitki hücrelerinde oksidatif strese neden olur. Oksidatif stres altında bitki bünyesine zarar veren reaktif oksijen türlerinin üretiminde artış meydana gelmektedir. Ancak bitkiler bu ROS'ların zararlı etkilerinden korunmak için çeşitli enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemlerine sahiptir. Antioksidanlar, okside olabilen substratlara kıyasla düşük konsantrasyonlarda bulunan ve substratların oksidasyonunu önleyen veya geciktiren maddeler olarak tanımlanmakta ve enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (Becker ve ark., 2004). Enzimatik olmayan antioksidanlar tokoferoller, askorbik asit,

karotenoidler, glutatyon, askorbat ve fenolik bileşiklerdir. Enzimatik antioksidanlar ise süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon peroksidaz (GPX), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon S-transferaz (GST) ve glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD) olarak bilinmektedir (Schafer ve ark., 2002).

2.2.3.1. Enzimatik olmayan antioksidanlar

Askorbik asit (Vitamin C); doğada en çok bulunan ve oksidadif streste en etkili antioksidandır (Smirnoff, 2000). Askorbik asidin stres altındaki bitkilerdeki temel rolü H_2O_2' in zararlı etkilerini ve diğer toksik oksijen türevlerinin etkilerini savuşturmaktır. Mitokondride sentezlenmektedir ve diğer hücrelere kolaylaştırılmış difüzyon yolu ile taşınmaktadır (Foyer ve Noctor, 2005).

Glutatyon (GSH); sistein içeren bir tripeptittir ve ROS'ların süpürülmesine karşı en etkili metabolitlerden birisidir (Davies, 2000). Antioksidan savunma sisteminde GSH, askorbat-glutatyon döngüsüne askorbatın yeniden üretiminde önemli bir role sahiptir (Foyer ve ark., 1997). Glutatyon, DHAR enzimi ve ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunda önemli rol oynayan glutasyon -S- transferazın (GST) substratı olarak görev yapmaktadır (Noctor ve ark., 2002).

Tokoferoller (Vitamin E); bitkilerde 4 izoenzim (α-, β-, γ- ve δ-) formunda bulunmaktadır, fakat en yüksek antioksidan aktivitesine sahip olan ve en iyi bilinen formu α-tokoferollerdir (Kruk ve ark., 2005; Wu ve ark., 2007)

Lipit peroksil radikallerinin süpürülmesinde görevlidirler ve bitkilerde kloroplast membranlarında fotooksidatif stresle başa çıkmada önemli rol oynamaktadır (Ivanov ve ark., 2005; Büyük ve ark., 2012).

Karotenoidler; bitkilerde yaygın olarak bulunun ve 600'dan fazla çeşidi olan renk pigmentleridir. En bilineni vitamin A'nın öncül maddesi olan β-karotendir (Foyer ve ark., 1994). Karotenoidler özellikle singlet oksijenin ve peroksil radikallerinin detoksifikasyonunda etkili olan antioksidanlardır (Mathis ve Kleo, 1973; Collins, 2001).

Fenolik bileşikler; antioksidan fonksiyona sahiptirler ve fenolik asitler ve flavonoidler gibi farklı gruplara ayrılmaktadırlar (Büyük ve ark., 2012). Flavonoidler sekonder metabolitler olup polifenolik bileşiklerdir. Süperoksit radikali (O_2^-), lipid alkolsil (RO^*), lipid peroksil (ROO^*) ve NO^* radikallerinin süpürülmesinde, Fe ve Cu şelatlama ve α-tokoferol rejenerasyonunda görev aldıkları belirtilmektedir (Miller ve Ruiz-Larrea, 2002; Løvdal ve ark., 2010).

2.2.3.2. Enzimatik antioksidanlar

Süperoksit Dismutaz (SOD) enzimi; süperoksit radikalini (O_2^-) oksijen (O_2) ve hidrojen peroksite (H_2O_2) dönüştürmektedir (Mittova ve ark., 2002). Bitkilerdeki SOD'lar bünyelerindeki metal kofaktörlere göre Fe-SOD, Cu/Zn-SOD ve Mn-SOD olmak üzere 3 izoenzim formunda bulunmaktadır. Fe-SOD'lar plastitler, Mn-SOD'lar mitokondri ve peroksizom ve Cu/Zn-SOD ise kloroplast, sitoplazma ve hücreler arası boşluklarda bulunmaktadır (Luis ve ark., 2002; Mittler, 2002).

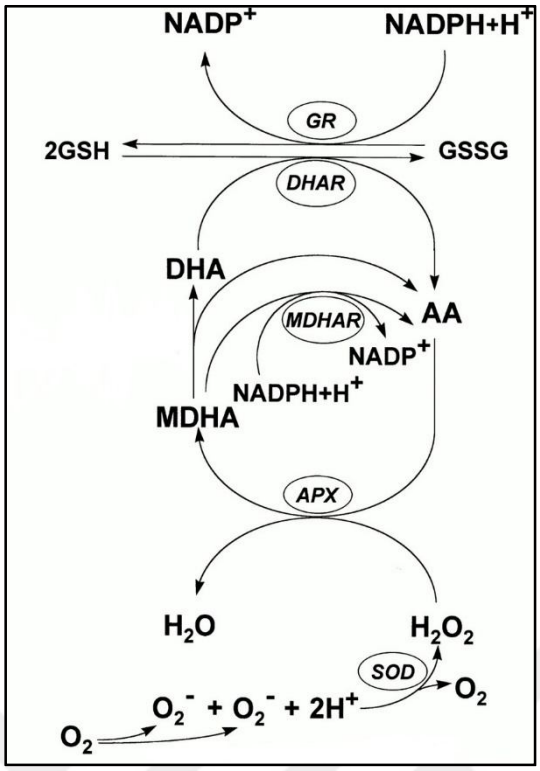
Katalaz (KAT) enzimi; çoğunlukla peroksizomlarda bulunmaktadırlar ve hidrojen peroksitin (H_2O_2), O_2 ve H_2O'ya dönüştürülmesinden sorumludurlar. KAT nuklear genler tarafından kodlanan tetramerik demir porfirinlerdir (Srivalli ve ark., 2003; Gill ve Tuteja, 2010).

Peroksidaz (POD) enzimi; SOD enzim aktivitesi sonucu ortaya çıkan H_2O_2'in kloroplastlarda süpürülmesinde rol oynayan önemli enzimlerden birisidir (Asada, 1987). Peroksidazlar, *hem* yapısına sahip askorbat peroksidaz (APX) ve guasiol tip peroksidazları (GPX) içeren glikoproteinlerdir. POD, lignin ve etilen biyosentezi, IAA'nın bozulması, proteinlerin toplanması gibi birçok fizyolojik metobolizmada görev almaktadır (Kim ve ark., 1999; Radić ve ark., 2006).

Askorbat Peroksidaz (APX) enzimi; hücrede kloroplast stromasındaki çözünebilir (sAPX), tillakoyide bağlı (tAPX), sitosolik (cAPX) ve glioksizom membranına (gmAPX) bağlı olmak üzere 4 farklı formda bulunmaktadır (Campa, 1991; Noctor ve Foyer, 1998; Madhusudhan ve ark., 2003). APX, askorbat-glutatyon döngüsünde yer alır ve askorbik asidi elektron verici olarak kullanarak hidrojen peroksiti indirger (Bowler ve ark., 1992; Mittler ve Zilinskas, 1992).

Glutatyon Peroksidaz (GPX) enzimi; glutatyonu kullanarak organik ve lipit hidroperoksitlerin ve H_2O_2'in indirgenmesini katalize ederek bitkileri oksidatif hasardan korurlar (Hiraga ve ark., 2001; Leisinger ve ark., 2001; Noctor ve ark., 2002).

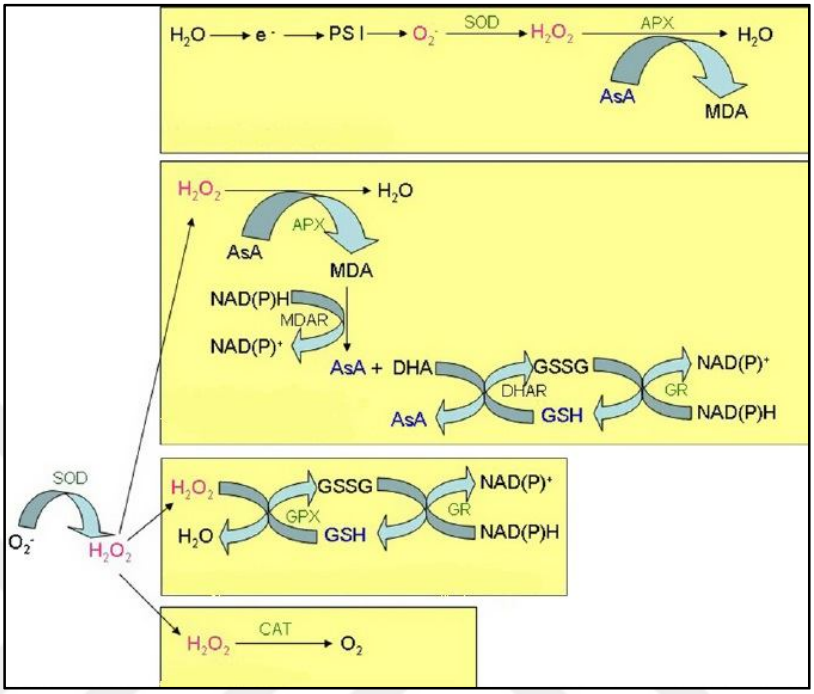
Glutatyon Redüktaz (GR); Halliwell-Asada döngüsünün son enzimidir ve kloroplast, sitozol ve mitokondride yer almaktadır (Hausladen ve Alscher, 1993; Creissen ve ark., 1994). GR enzimi; H_2O_2'in süpürülmesinde sınırlayıcı bir enzimdir ve askorbatın yeniden üretiminde istenen yüksek GSH/GSSG oranının korunmasında gereklidir (Sudhakar ve ark., 2001).



Şekil. 2.2. Askorbat-glutasyon döngüsü: Halliwell-Asada yolu (Noctor ve Foyer, 1998)

Bitkiler karşılaştıkları olumsuz çevre şartlarında strese girmektedirler. Tuz stresi de bunlardan biridir. Diğer stres faktörlerinde olduğu gibi tuz stresinde de ROS'lar meydana gelmektedir. ROS'ların detoksifikasyonu süperoksit radikalinin (O_2^-) SOD enzimi tarafından H_2O_2 ve O_2'ye dönüştürülmesi ile başlamaktadır. Meydana gelen H_2O_2'in hücredeki metal iyonları ile etkileşime girerek OH^- radikali oluşturarak zarar meydana getirmemesi için KAT enzim veya APX enzim aktivitesi ile H_2O'ya indirgenir. Ancak KAT enzim aktivitesi H_2O_2 için çok düşük bir etkileşim gücüne sahiptir (Halliwell, 1981). Bu nedenle H_2O_2'in detoksifikasyon askorbat-glutatyon döngüsünde APX enzimi aktivitesi ile daha etkili bir yol izlenmektedir (Asada, 1987). Bu reaksiyonda APX askorbik asidi kullanarak H_2O_2'i süpürürken askorbat, monodehidroaskorbata (MDHA) yükseltgenir. Monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR) enzim aktivitesi ile MDHA yeniden askorbata dönüştürülür (Bowler ve ark., 1992; Foyer ve Harbinson, 1994; Luis ve ark., 2002). Ayrıca monodehidroaskorbat, enzimatik olmayan bir yolla dehidroaskorbata (DHA) indirgenir. Dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) aktivitesi ile de dehidroaskorbat okside glutatyona (GSH) ve glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitesi ile de askorbata indirgenir. Bu askorbat-glutatyon döngüsünde indirgenmiş glutatyon (GSH), DHAR enzim aktivitesi ile yükseltgenmiş glutatyona (GSSG) ve yükseltgenmiş

glutatyonda (GSSG) GR enzim aktivitesi ile tekrar indirgenmiş glutatyona (GSH) dönüştürülür (Halliwell-Asada yolu) (Asada, 1994; Shalata ve ark., 2001; Apel ve Hirt, 2004; Møller ve ark., 2007).



Şekil. 2.3. ROS oluşumu ve savunma mekanizması (Rai ve ark., 2011)

2.3. Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteriler ve Tuz Stresine Etkileri

Kurak bölgelerdeki toprak tuzluluğu tarımsal ürünlerin yetiştirilmesinde önemli bir sınırlayıcı faktör olmaktadır. Tuza toleransın iyileştirilmesi yönünde yeni teknolojiler denenmekle birlikte son yıllarda tuz stresine karşı BBAR kaynaklı bitki toleransı ile ilgili çalışmalar artmıştır. *Rhizobium, Bradyrhizobium, Azotobacter, Azospirillum, Pseudomonas, Bacillus* gibi bazı faydalı rizobakteriler çöl ekosistemleri, asidik topraklar, tuzlu ve alkalin topraklarda etkili olmaktadır (Paul ve Lade, 2014). Bitki gelişimini teşvik eden bu bakteriler bazı enzimlere etki ederek stres şartlarında bitkilerde tolerans sağlamaktadır. Bu enzimlerden en önemlisi olan 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz etilen hormonun ayarlanmasında rol oynamaktadır. ACC deaminaz *Enterobacter spp., Rhizobium spp., Pseudomonas spp., Variovorax spp., Alcaligenes spp. Rhodococcus, Ochrobactrum* ve *Bacillus spp*. türlerinde yaygın olmakla birlikte stresin neden olduğu etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Belimov ve ark., 2005;

Çakmakçı, 2009; Bal ve ark., 2013). Tuz stresi, stres hormonu olarak görev yapan etilen üretimini teşvik etmekte olup, bitkilerde artan etilen miktarı kök ve sürgün gelişimini engellemekte ve yaprak genişlemesini baskılamaktadır (Penrose ve Glick, 2003; Trung ve ark., 2016). Bitki dokuları stres altında etilen öncül maddesi 1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) sentezlemektedirler. Tuz stresi altındaki bitkilerde ACC deaminaz üreten rizobakteriler köklerdeki ACC'yi hidrolize ederek α-ketobütarat ve amonyuma dönüştürebilmektedir. Böylece, bu rizobakterler tuz stresi altında bitki gelişimini engelleyen etilenin olumsuz etkilerini önlemiş olabilmektedir. Dolayısıyla, bu ACC deaminaz üreten bakteriler etilen seviyesini düşürdüğü için bitkilerde kök gelişimi fazla olmakta ve bitkiler tuz stresi altında daha dayanıklı olmaktadır (Glick ve ark., 1998; Safronova ve ark., 2006) (Şekil 2.1.).

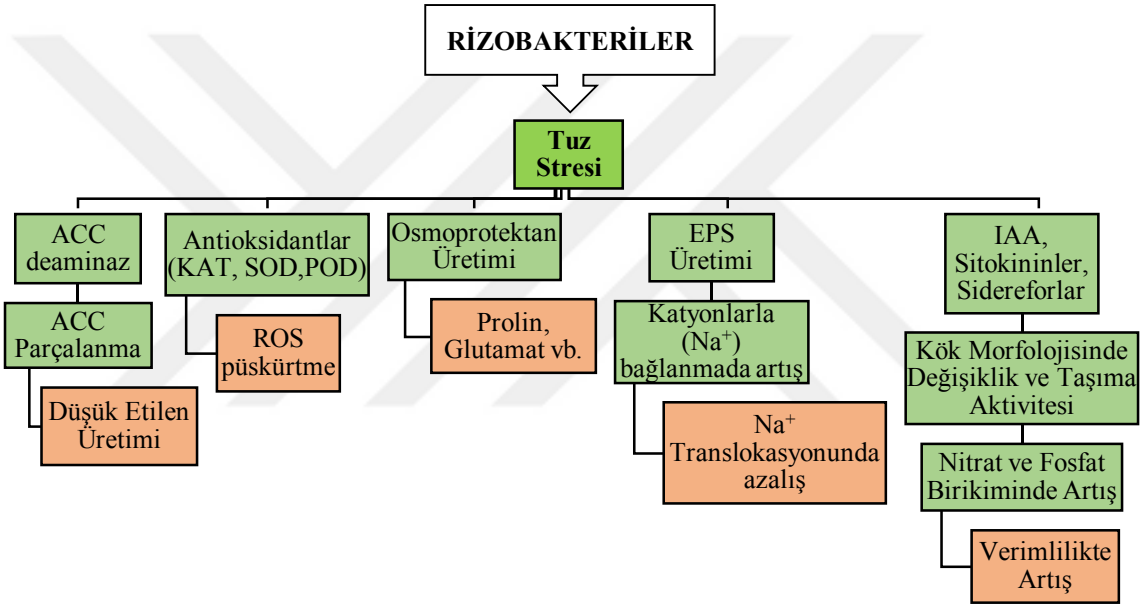
Stres şartlarında rizosferdeki bakteriler bitki yüzeyine yapışmakta ve IAA sentezlemekte ve salgılamaktadır. Bu IAA'in bir kısmı bitki tarafından alınmaktadır. Alınan bu IAA ve bitkideki içsel IAA stres şartlarında hücre çoğalması ve hücre uzamasını sağlamaktadır (Penrose ve ark., 2001; Zafar-ul-Hye ve ark., 2014). Ayrıca sentezlenen IAA, ACC üretimi için ACC sentez enzim aktivitesini uyarmaktadır. Üretilen ACC, ACC oksidaz ile etilene dönüştürülür. Fakat bu ACC, topraktaki ACC deaminaz içeren bakteriler sayesinde parçalanmaktadır (Saleem ve ark., 2007).

Bitki büyümesini teşvik edici bakteriler ozmolarite değişikliklerine belirli aralıklarda adapte olabilme yeteneğine sahiptirler. Bu ozmotik farkı dengelemek için gösterdikleri adaptasyon, hücre metabolizmasına engel olmayan düşük molekül ağırlıklı hidrofilik moleküllerin birikimi ile olmakta ve çevrelerindeki uygun bileşikleri alabilmektedir (Da Costa ve ark., 1998; Paul ve Nair, 2008). Bu bileşikler ozmolitler olarak adlandırılan şekerler, aminoasitler ve onların türevleri olan bileşiklerdir (Lamosa ve ark., 1998; Paul ve Nair, 2008). Chowdhury ve ark. (2007) tuz stresi altında *Azospirillum brasilense* ırkının bitki gelişimini düzenlemek için glisin-betain biriktirdiğini ve asetilen aktivitesini azalttığını bildirmişlerdir. Ayrıca bu bakteriler yüksek NaCl konsantrasyonlarından kaynaklanan osmotik streste, strese cevap olarak artan miktarlarda protein setleri üreterek bir gen ekspresyonu programı başlatabilmektedirler (Völker ve ark., 1994; Paul ve Nair, 2008; Upadhyay ve ark., 2012a) (Şekil 2.1).

BBAR'lar, bakteriyel eksopolisakkaritler (EPS) üreterek Na^+ içeren katyonları bağlarlar ve bitkinin alacağı mevcut Na^+ içeriğini azaltarak bitkilerin tuz stresine dayanabilmesine yardımcı olurlar (Ashraf ve ark., 2004). Toprak ekoloji sistemlerindeki

bakteriyel EPS'ler toprak agregatlaşması ve toprak adhezyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Bakteriyel EPS'ler, bakterileri onların çevresindeki değişikliklerden kaynaklanan desikasyonlardan korumaktadır (Roberson ve Firestone, 1992). Ayrıca bitki köklerine EPS-üreten *Rhizobium* ırkları inoküle edildiğinde toprak yapısının iyileştiği belirtilmiştir (Ross ve ark., 2000) (Şekil 2.1).

S. proteamaculans ve *Rhizobium leguminosarum* gibi BBAR ırklarının SOD, POD ve KAT gibi antioksidan enzimler ve askorbat, glutatyon ve tokoferol gibi enzimatik olmayan antioksidanlar ürettiği bildirilmiştir. Ayrıca tuzluluk stresi altında BBAR ırklarının tuz stresinin artmasıyla enzim aktivitesini artırdığı belirtilmiştir (Arora ve ark., 2012).



Şekil 2.4. BBAR ile bitkilerde tuz stresine toleransın artırılması (Arora ve ark., 2012)

2.4. Tuz Stresi ve Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteri (BBAR) Uygulamaları ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Han ve Lee (2005a) marulda tuzlu şartlarda yaptıkları çalışmada, *Serratia* sp. ve *Rhizobium* sp. uygulamalarının bitki büyümesine, mineral içeriğine, fotosenteze, askorbat peroksidaz ve glutatyon redüktaz aktivitesine olumlu etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Başka bir çalışmada ACC-deaminaz enzimi üreten rizobakterilerin tuz stresi altında mısır bitkisi üzerine etkileri incelenmiş, sonuç olarak 12 dS/m'de *P. putida* biyotip A (Q_7) ile aşılamayla sürgün uzunluğu kontrole kıyasla 2.3 kat artarken, EC 9 dS/m'deki

mısır bitkisinde *Pseudomonas fluorescens* biyotip A (N_3) ile aşılamayla kök uzunluğunun 3.3 kat arttığı belirlenmiştir (Kausar ve Shahzad, 2006).

Nadeem ve ark. (2006a) yaptıkları saksı çalışmasında BBAR ırklarının tuzlu şartlarda mısır bitkisinde büyüme ve iyon alınımına etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak BBAR inokulasyonu ile en yüksek EC'de (12 dSm^{-1}) bile sürgün/kök yaş ağırlık, sürgün/kök kuru ağırlık, klorofil a, b ve karatoneid içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Na/Cl iyonlarının alımının kısıtlandığı ve köklerde N, P, K birikiminin arttığı da tespit edilmiştir. Seçilen 3 bakteri ırkı arasında tüm EC seviyelerinde en iyi sonucu S20 ırkının verdiği de belirlenmiştir.

Yine tuz stresi altındaki mısır bitkilerinde yapılan diğer bir çalışmada, ACC deaminaz aktivitesine sahip bakteri inokulasyonunun tuza bağlı olarak oluşan etilen miktarını düşürerek mısır gelişimini artırdığı belirlenmiştir (Nadeem ve ark., 2006b).

Yildirim ve ark. (2006) tuz stresi altında (0, 50 ve 100 mm NaCl) yetiştirdiği kabak bitkilerine farklı ticari biyo-inokulantların (AgBlend, SoilBuilder, Yield Shield, Plant Shield, Inoculaid ve Equity) etkilerini inceledikleri çalışmada, uygulamaların kontrole göre bitki taze ağırlığını ve K/Na oranını önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir. Araştırıcılar mineral alımının değiştirilmesinin tuz stresini iyileştirmede mekanizmalardan biri olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Saravanakumar ve Samiyappan (2007) yapmış oldukları çalışma ile *in vitro* ve tarla şartlarında yetiştirilen yerfıstığı bitkilerinin tuz stresine karşı *Pseudomonas fluorescens* bakterisi tarafından sağlanan ACC deaminazın etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak *Pseudomonas fluorescens* TDK1 ırkının ACC deaminaz aktivitesine sahip olduğu, yerfıstığı bitkilerinin tuzluluğa dayanıklılığını artırdığı ve ACC deaminaz aktivitesine sahip olmayan *Pseudomonas* ırkları ile karşılaştırıldığında verimi artırdığı tespit edilmiştir.

Yildirim ve ark. (2008a) tuzlu şartlarda turpta yaptıkları bir çalışmada *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6 ve *Bacillus spharicus* GC subgrup B EY30 uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlığını önemli ölçüde artırdığını ve bitkinin Na yerine diğer elementleri topraktan daha fazla almasını sağladığını tespit etmişlerdir. Yine tuzlu şartlarda yapılan diğer bir çalışmada bakteri uygulamasının turpta büyüme üzerine etkisi incelenmiş olup *Staphylococcus kloosii* EY37 ve *Kocuria erythromyxa* EY43 uygulamalarının tuzun zararlı etkilerini azalttığı belirlenmiştir (Yildirim ve ark., 2008b).

Egamberdieva (2009) fitohormon üreten bakteri ve bitki büyümesini düzenleyicilerin tuzlu şartlar altında buğdayda çimlenme ve bitki gelişimi üzerine etkisini

araştırmıştır. Sonuçlara göre uygulamalarla tuzluluktan kaynaklanan zorunlu tohum dinlenmesinde azalma olduğu ve çimlenmenin giberellin, oksin, zeatin ve ethephonun %54'den %90'a çıkması ile teşvik edildiği belirlenmiştir. IAA üreten bakteri ırklarının (*Pseudomonas aureantiaca* TSAU22, *Pseudomonas extremorientalis* TSAU6 ve *Pseudomonas extremorientalis* TSAU20) kök gelişimini tuzsuz şartlarda %25, 100mM NaCl şartlarında ise %52 oranında artırdığı da tespit edilmiştir.

Upadhyay ve ark. (2009) tuzlu bölgedeki buğday rizosferinden izole ettiği 130 rizobakterinin yüksek tuz (NaCl) konsantrasyonlarında (%2, %4, %6 ve %8) bitki gelişimini teşvik edici özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre 24 rizobakterinin %8 NaCl konsantrasyonuna tolerant olduğu belirlenmiştir.. Bu 24 tuza tolerant izolatın IAA ürettiği, ayrıca 10 izolatın fosfor çözebildiği, 8 izolatın siderefor ve 6 izolatın giberellin ürettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca yalnız 3 izolatın ACC deaminaz ürettiğini bildirmişlerdir. *Bacillus* ve *Bacillus* ırklarının %8 NaCl konsantrasyonunda bitki büyümesini teşvik etmede baskın türler olduğunu belirtmişlerdir.

BBAR izolatlarının nohut bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan bir saksı kültürü denemesinde, tohumlar plastik saksıda yetiştirilmeden önce BBAR izolatlarıyla muamele edilmiş ve fideler aşılamadan 21 gün sonra sökülmüştür. Sadece PGT3 izolatı fosforu çözebilirken; PGB4, PGT1, PGT2, PGT3, PGG1 ve PGG2 izolatları IAA üretimini tetiklemiştir. Birçok izolat nohut fidelerinin sürgün ve kökün kuru madde üretimi, sürgün uzunluğu ve kök uzunluğunda önemli bir artış sağlamıştır. BBAR izolatlarının uygulanması tuz şartları altında tohum çimlenme yüzdesini oldukça artırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre biyolojik gübre olarak PGB4, PGG2 ve PGT3 izolatlarının kullanılmasının nohut yetiştiriciliğinde faydalı olabileceği bildirilmiştir (Mishra ve ark., 2010).

Nadeem ve ark. (2010) buğdayda yapmış oldukları çalışmada *Pseudomonas putida* (W2) ve *P. fluorescens* (W17)' in yüksek tuzluluk seviyelerinde bile tuz stresini azaltmada en etkili ırklar olduğunu belirlemişlerdir.

Yao ve ark. (2010) alkali topraktan izole edilen ve *Pseudomonas putida* olarak tanımlanmış Rs-198 ırkının tuz stresi altında pamuğun gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Rs-198 uygulamasından sonra çimlenme oranının %23.8, bitki boyunun %12.8, yaş ağırlığın %30.7 ve kuru ağırlığın da %10 arttığı tespit edilmiştir. Rs-198 ırkının Mg^{+2}, K^{+} ve Ca^{+2} absorbsiyonunu artırdığı, topraktan Na^{+} alımını azalttığı ve tuz stresi altındaki pamuk bitkilerinde bünyesel IAA içeriğini artırdığı ve absisik asit içeriğini azalttığı da belirlenmiştir.

ACC deaminaz üreten 3 BBAR ırkı (Mk1, *Pseudomonas syringae*; Mk20, *Pseudomonas fluorescens*; ve Mk25, *Pseudomonas fluorescens* biotype G) ve *Rhizobium phaseoli* ırklarının (M1, M6 ve M9) bitki gelişmesini teşvik edici aktivitelerinin belirlenmesi için saf kültür şartları altında üç tuzluluk seviyesinde (normal tuzluluk, 4, 6 dS m^{-1}) maş fasulyesine inokule edilmiştir. Sonuçlara göre tuzluluk stresinin bitki gelişimini önemli derecede azalttığı, ancak BBAR ve rhizobium ırklarının tuzluluk stresinin bu engelleyici etkisini azalttığı belirlenmiştir (Ahmad ve ark., 2011).

Golpayegani ve Tilebeni (2011) bitki büyümesini artıran rizobakterilerin fesleğende tuzluluk stresinin antioksidan içeriği, fotosentez etkinliği, mineral içerik ve bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Toprakta tuzluluğun artmasının bitki gelişimi, fotosentez etkinliği, stoma iletkenliği, klorofil içeriği ve mineral alımını tuzlu olmayan toprağa kıyasla azalttığı tespit edilmiştir. Tuzlu toprağa *Pseudomonas* sp. ve *Bacillus lentus*'un aşılanması ile fotosentez, mineral içeriği ve bitki gelişimi iyileşmiştir. Sonuç olarak, topraktaki tuzluluğun artışının fesleğen bitkilerinde fizyolojik tepki veya bozukluklara neden olduğu ve BBAR ırklarının uygulanması ile potansiyel toksik iyonların etkilerinin azaltılabileceği bildirilmiştir.

Tuzlu şartlarda çilekte yapılan bir çalışmada fide dikimi öncesinde köklere inoküle edilen *B. subtilis* EY2, *B. atrophaeus* EY6, *B. spharicus* GC subgroup B EY30, *S. kloosii* EY37 ve *K. erythromyxa* EY43 bakterilerinin etkileri incelenmiştir. Araştırmada, EY30, EY37 ve EY43 bakterilerinin meyve verimini sırasıyla %54.4, 51.7 ve 94.9 oranında artırdığı, yaprak nispi su içeriğini ve membran geçirgenliğini iyileştirdiği, yaprak N içeriğini artırırken, Na ve Cl içeriğini azalttığı belirlenmiştir (Karlidag ve ark., 2011a).

Yıldırım ve ark. (2011) tuzlu şartlarda rizobakteri uygulamalarının marulda büyüme, klorofil içeriği, besin alımı ve verim üzerine etkisini inceledikleri çalışmada BBAR uygulamalarının baş ağırlığı, kök çapı ve klorofil içeriğinde pozitif etkilere sahip olduğunu ve yapraklardaki besin elementi içeriğini artırdığını belirlemişlerdir.

Hanafy ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmada tuz stresi altında sera şartlarında yetiştirilen domates ve biberde bazı bakteri solüsyonlarının ve bunların hümik asit ve kompost ile kombinasyonlarının bitki enzimlerine etkilerini araştırmışlardır. 120. günün sonunda biberde dehidrogenaz, fosfataz ve nitrogenaz aktivitelerinde bakteri solüsyonunun kompost ve hümik asit ile yaptıkları uygulamalarda en yüksek değerler elde ettiklerini bildirmişlerdir. Domateste ise bitki enzim aktivitelerinde bakteri

solüsyonunun kompost ve hümik asitle yaptıkları ikili ve üçlü kombinasyonlarının öne çıktığını belirtmişlerdir.

Farklı BBAR ırklarının yerfıstığı bitkisinde tuz stresine toleransının incelendiği bir çalışmada 100 mM NaCl şartları altında BBAR uygulanan bitkilerde farklı gelişme parametreleri, elektrolit sızıntısı, su içeriği, biyokimyasal özellikler ve iyon içeriği incelenmiştir. *Brachybacterium saurashtrense* (JG-06), *Brevibacterium casei* (JG-08) ve *Haererohalobacter* (JG-11) bakteri ırklarının tuz stresi altında yerfıstığı tohumlarında en iyi gelişmeyi sağladığı bildirilmiştir. Bitki, sürgün ve kök boyu, sürgün ve kök kuru ağırlık, toplam biyokütle ve sürgünlerdeki ve köklerdeki su içeriği yüzdesi (PWC) bakteri inokulasyonlu bitkilerde daha yüksek bulunmuştur. 100mM NaCl şartlarında bitkilerdeki MDA içeriği bakteri uygulaması yapılmayan bitkilerde uygulama yapılanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca bakteri uygulaması yapılan bitkilerin yüksek K^+/Na^+ oranı, Ca^{2+}, fosfor ve nitrojen içeriği ve sürgün ve köklerde yüksek oksin konsantrasyonuna sahip olduğu da belirlenmiştir (Shukla ve ark., 2012).

Upadhyay ve ark. (2012b) %8 NaCl'ye tolerant bulunan *Bacillus subtilis* SU47 ve *Arthrobacter sp*. SU18 rizobakterilerin farklı tuzluluk (2-6 dS m^{-1}) şartlarında buğday bitkisinde etkilerini araştırmışlardır. Bu iki BBAR ırkının kuru biyokütle, toplam çözünebilir şeker ve prolin içeriğini artırdığı belirlenmiştir.. Tuzluluk stresi altında buğday yapraklarındaki antioksidan enzim aktivitesinin BBAR uygulandıktan sonra azaldığı tespit edilmiştir.. Ayrıca BBAR ırklarının 6 dS m^{-1} tuzluluk seviyesinde katalaz aktivitesini kontrole göre önemli ölçüde azalttığı da saptanmıştır..

Aamir ve ark. (2013) tuz stresi altındaki tarla şartlarında yetiştirilen maş fasulyesinin *Rhizobium* ve BBAR'in tekli ve kombinasyonlarının büyüme, nodülleşme ve verim üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlara göre tekli ve kombinasyon uygulamalarının 1000 tane ağırlığı ve tane verimini sırasıyla %14 ve %30 artırdığı tespit edilmiştir.. Nodülleşme ve oransal su içeriği, toplam kuru madde miktarını iyileştirdiğini, tekli ve kombinasyon uygulamalarının tanedeki protein (%48) ve K/Na (%95) oranını artırdığı da belirlenmiştir.

Tuzlu şartlarda maş fasulyesinde yapılan bir çalışmada ACC deaminaz üreten *Rhizobium* ve *Pseudomonas* ırkları kombinasyonlarının ozmotik strese toleransı incelenmiştir. Sonuçlara göre *Rhizobium* ve *Pseudomonas* yalnız başına inokulasyonları tuz tolerans indeksini sırasıyla 1.3 ve 2.0 kat artırırken, toplam kuru maddeyi 1.4 ve 1.9 kat artırmıştır. Ayrıca toplam kuru madde ve tuz tolerans indeksinin *Rhizobium* ve

Pseudomonas ırklarının kombinasyonunda 2.2 kat artığı da belirlenmiştir (Ahmad ve ark., 2013b).

İki farklı kaynaktan sağlanan fosfat kayasının çözünürlüğü üzerine yapılan çalışmada *Azospirillum brasilense* SP–245, *Bacillus subtilis* OSU–142, *Bacillus megaterium* M3, *Raoultella terrigena*, *Burkholderia cepacia* BA–7 fosfor çözücü bakterilerin çözelti ortamındaki etkisi araştırılmıştır. Laboratuvar şartlarında yürütülen çalışmada elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerleri ile suda çözünebilir kalsiyum ve fosfor miktarları ölçülmüştür. Bakteri uygulamalarının her iki fosfor kaynağının kullanıldığı çözeltinin pH'sında azalışa neden olurken, elektriksel iletkenlik, fosfor ve Ca içeriğinde artışa neden olduğu belirlenmiştir. En düşük pH değeri BA–7 uygulamasından elde edilirken, en yüksek P, Ca, çözünebilir tuz konsantrasyonu en yüksek asit ve alkalin fosfataz enzim aktivitesi ve organik asit salgılama kapasitesine *B. megaterium* M3 uygulamasının 30. gün inkübasyonunda ulaşılmıştır (Güneş ve ark., 2013).

Jha ve Subramanian (2013) çeltik bitkisinde bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (*B. pumilus, P. pseudoalcaligenes*) bitki gelişmesi boyunca tuz stresine etkilerini araştırmışlardır. Sera şartlarında 5 tuz (%0.5-1.0-1.5-2.0-2.5 NaCl) seviyesinde yetiştirilen GJ-17 çeşidinde büyüme parametreleri, mineral konsantrasyonu ve antioksidan enzim seviyelerini incelemişlerdir. BBAR inokulasyonu %1 tuzluluk seviyesine kadar tuzluluğun zararlı etkilerini azaltmıştır. Tuz şartları altında BBAR ile inokulasyonlu bitkilerde çimlenme oranının %16, kuru ağırlığın %27 ve bitki boyunun %31 arttığı belirlenmiştir. Yine BBAR ile inokulasyonlu bitkilerde kontrole göre N %26, P %16, K %31 artmış, Na %71, Ca %36 oranında azalmıştır.

Karlidag ve ark. (2013) doğal tarla tuzluluk stresi şartları altında yetiştirilen çilek bitkilerinde büyüme, klorofil içeriği, besin elementi içeriği ve verim üzerine *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37 ve *Kocuria erythromyxa* EY43 ırklarının etkilerini incelemişlerdir. Yaprak ve köklerdeki Na ve Cl hariç bütün besin elementi içeriklerinin BBAR inokulasyonları ile önemli derecede arttığı belirlenmiştir. Çilek bitkilerinde verim ve besin alımında en yüksek etkiyi EY43 (288 g/bitki) ve EY37 (225 g/bitki) ırklarından elde etmiş olup, kontrole (154 g/bitki) göre verim artışı EY43'de %48 ve EY37'de ise %46 olmuştur.

Bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin tuzlu şartlardaki fizyolojik tepkilerini belirlemek için yapılan çalışmada tuzluluğa hassas ve dayanıklı iki buğday çeşidine dikim öncesi BBAR (*Azosprillium lipoferum* ve *Pseudomonas fluorescens*)

inokulasyonu yapılıp, iki farklı tuz (0.335 ve 14ds.m) seviyesinde yetiştirilmiştir. Sonuçlara göre, tuz stresinin YOSİ, yaprak klorofil indeksi ve fotosentetik özelliklerini azalttığı, ancak BBAR uygulamalarının oransal su içeriğini ve fotosentetik pigment üretimini artırarak tuz stresinin negatif etkilerini azalttığı belirlenmiştir (Saghafi ve ark., 2013).

Akhgar ve ark. (2014) yapmış oldukları çalışmada tuz stresi altındaki kanola bitkisinin rizosferinden ACC deaminaz üreten bakterileri izole etmeyi amaçlamışlardır. 105 bakteri izolatından 15'inin azot kaynağı olarak ACC'yi kullanabildiğini ayrıca IAA üretiminin de pozitif çıktığı belirlenmiştir. *Pseudomonas fluorescens*'in kanola rizosferinde dominant ACC deaminaz üreten tür olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak tuzlu topraklarda yetişen kanola bitkisinin rizosferinde ACC indirgeyen bakteri varlığının tuz toleransına katkı sağlayabileceği bildirilmiştir.

Tuzluluk ve kuraklık şartlarında hıyar bitkisinde *Burkholdera cepacia* SE4, *Promicromonospora* sp. SE188 ve *Acinetobacter calcoaceticus* SE370 rizobakteri ırklarının etkilerinin incelendiği çalışmada uygulamaların bitkilerde biokütle, klorofil içeriği ve su potansiyelini artırdığı ve elektrolitik salınımını azalttığı belirlenmiştir. BBAR ile kontrole göre katalaz, peroksidaz ve polifenol oksidaz aktiviteleri ve toplam polifenol azalmış ve salisilik asit ve giberellin önemli derecede artmıştır (Kang ve ark., 2014a).

In vitro şartlarda tuz stresi (3, 6, 9 dS m^{-1}) altındaki domates bitkilerinde *Pseudomonas*'ın etkilerinin araştırıldığı çalışmada bitki gelişimi, IAA, siderefor, hidrojen siyanür, amonyak üretimi ve fosfat çözünürlüğü incelenmiştir. Farklı tuzluluk şartlarındaki domates bitkilerinde *Pseudomonas* izolatlarının çimlenme yüzdesi, canlılık indeksi ve kuru ağırlığı önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. IAA üretiminin kantitatif değerlendirilmesinde bütün bakteri izolatlarının IAA ürettiği, ancak en yüksek üretimin JUPF58 izolatında görüldüğü belirtilmiştir. Yine aynı şekilde laboratuvar şartlarında incelen 50 *Pseudomonas* izolatınında fosfat çözme, HCN ve amonyak üretiminin pozitif olduğu da tespit edilmiştir (Nishma ve ark., 2014).

Praveen Kumar ve ark. (2014) *Bacillus* ve *Pseudomonas spp.* ırklarının strese toleransını tanımlamak ve potansiyel fitopatojenik mantarlarının gelişmesini engelleme kabiliyetlerini araştırmak için yaptıkları çalışmada üç stres faktörünü incelemişlerdir. Araştırılan bakteri ırklarından yüksek sıcaklık (50 °C), tuzluluk (%7 NaCl) ve kuraklık (-1.2 MPa) stresine *Pseudomonas* isolatlarının *Bacillus* ırkından daha az toleranslı olduğu

ve *Pseudomonas* ırklarının diğer iki strese göre kuraklığa toleransının yüksek olduğunu belirlenmiştir.

PF1 ve TDK1 adlı iki *Pseudomonas* ırkının laboratuvar şartlarında 100mM NaCl uygulanan iki çeltik genotipine (ADT43 ve IR50) etkileri araştırılmıştır. Çalışmada tuz stresi belirtilerinden bodur büyüme, zayıf kök gelişimi ve yapraklarda beyaza dönme görülmüştür. *Pseudomonas* ırklarının tuz stresi altındaki bitkilerde bitki boyu, kök uzunluğu ve sürgün ve kök kuru ağırlıklarını önemli derecede artırdığı, fakat bakteri uygulaması yapılmayan bitkilerin daha az bir büyümeye sahip olduğu belirlenmiştir. Tuz stresi altında ADT43 çeltik genotipinde TDK1 bakteri ırkı uygulamasının en iyi bitki gelişimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Sen ve Chandrasekhar, 2014).

Younesi ve Moradi (2014) yaptıkları çalışmada fasulyede üç farklı tuz seviyesinde *Pseudomonas fluorescence*'in yalnız ve *Glomus mosseae* ile kombinasyonlarının antioksidan enzim aktivitelerine etkilerini araştırmışlardır. *P. fluorescence*'in bütün tuzluluk seviyelerinde kontrol bitkilerine göre önemli bir sürgün biyokütlesine sahip olduğu, fakat mikoriza uygulamasının yalnızca düşük tuz seviyesinde sürgün biyokütlesinde etkili bir artış sağladığı belirlenmiştir. *P. fluorescence* uygulanan bitkilerde yüksek tuz şartlarında sürgünlerde yüksek K konsantrasyonu ve düşük Na konsantrasyonuna sahip olduğunu, ve tuz stresinde BBAR uygulanan bitkilerin sürgünlerinde prolin konsantrasyonunda artış olduğunu tespit edilmiştir. Tuzluluk stresinin artmasıyla fasulye sürgünlerindeki toplam POX ve KAT gibi antioksidan enzim aktivitelerinde stres altında olmayan bitkilere göre önemli bir artış olduğunu da saptanmıştır.

Yüksek tuza tolerant bitki büyümesini teşvik edici bakteleri (*Pseudomonas* BM6, AMAAS57) tuzlu şartlar altında yerfıstığında etkilerinin incelendiği çalışmada karbonhidrat, fenol ve serbest amino asit, oransal su içeriği ve yaprak alanı ölçümleri yapılmıştır.. Bu iki *Pseudomonas* kültürünün bitki büyümeyi teşvik edici IAA üretimi yaptığı, , ayrıca HCN, amonyak, fosfat çözme, antifungal aktivite ve tuzluluğa tolerant (%10 NaCl) olduğu belirlenmiştir. *Pseudomonas aeruginosa* AMAAS57 uygulaması 2 ds/m tuzlu toprakta serbest amino asit ve fenol üretimini artırmış, fakat tuzluluk arttıkça kontrole göre giderek azalmıştır. *Pseudomonas aeruginosa* AMAAS57 uygulamasından tuzluluğun artması ile en düşük yaprak oransal su içeriği seviyesi elde edilmiştir. *Pseudomonas aeruginosa* AMAAS57 ve *Pseudomonas fluorescens* BM6 uygulamaları elekrolit iletkenliğini azaltmıştır (Ghorai ve ark., 2015).

Kiani ve ark. (2015) farklı tuz seviyeleri altında yetiştirilen ayçiçeği (SMH-0917) bitkisinde 2 BBAR izolatının (KS 8 ve KS 28) etkilerini incelemişlerdir. KS 8 bakteri izolatının 8 dS m^{-1} EC tuzluluk seviyesinde bitki boyu, sürgün kuru ağırlık ve kök kuru ağırlığını kontrole göre sırasıyla %26, %102 ve %83 oranında; 12 dS m^{-1} EC tuzluluk seviyesinde ise, sırasıyla %100, %74 ve %382 oranında artırdığı belirlenmiştir. KS 28 bakteri izolatı ise 12 dS m^{-1} EC tuzluluk seviyesinde bitki boyu, sürgün kuru ağırlık ve kök kuru ağırlığını kontrole göre, sırasıyla %60, %41 ve %282 oranında artırmıştır.

Kumari ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada soya fasulyesi bitkilerinde bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (*Pseudomonas sp*. AK-1 ve *Bacillus sp*. SJ-5) tuza tolerans ile ilişkili bazı özelliklerini incelemişlerdir. Soya fasulyesinde bu iki bakteri ırkının tuzlu şartlar altında fiziksel özellikler ve biyokimyasal aktivitelerde ACC deaminaz, IAA üretimi ve eksopolisakkarid üretimine önemli etkileri olduğu saptanmıştır.

Metwali ve ark. (2015) iki tuz seviyesi altında bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin *(Pseudomonas putida, P. fluorescens* ve *Bacillus subtilis)* altı bakla çeşidinde etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda en yüksek çimlenme oranı Wadi 1 ve Line 1 çeşitlerinde (%96) *P. fluorescens* bakteri uygulamasından elde edilmiştir. *P. putida* uygulamasının ortalama çimlenme zamanını tuz stresinin varlığında ve yokluğunda azalttığı tespit edilmiştir. Tuz uygulamaları bütün bitki büyüme parametrelerinde, klorofil ve çözünen proteinlerinde azalışa, fakat prolin miktarında ise artışa neden olmuştur. *P. fluorescens* uygulanmış bitkilerin bitki boyu, taze sürgün ağırlığı ve yaprak alanında önemli artışlar meydana gelmiştir.

PF1 ve TDK1 adlı iki *Pseudomonas* ırkının tuz stresine adaptasyonunu incelemek için yapılan çalışmada iki çeltik genotipine (ADT43 ve IR50) 100 mM NaCl uygulamasının fizyolojik ve biyokimyasal etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre enzimatik aktiviteler (peroksidaz, katalaz ve nitrat redüktaz) bitki büyümesini teşvik eden bakteri ırkları PF1 ve TDK1 uygulanan bitkilerde hiçbir uygulama yapılmayan bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur. (Sen ve Chandrasekhar, 2015).

Upadhyay ve Singh (2015) saksı ve tarlada tuzlu şartlarda yetiştirilen buğdayda tuza tolerant bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (ST-BBAR) gelişme ve verim üzerine etkilerini incelemişlerdir. Saksı denemelerinde, SU18 *Arthrobacter spp.* uygulamasının maksimum gelişme ve kuru biokütleye sahip olduğunu ve tüm ST-BBAR uygulamalarının kontrole göre toprak yapısını iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Tarla denemelerinde en yüksek kök kuru ağırlığı ve sürgün biokütlesi bakteri

inokülasyonundan 60 ve 90. gün sonrasında sırasıyla SU44 *B. aquimaris* ve *SU8 B. aquimaris* bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. İnokülasyondan 60 gün sonra en yüksek prolin ve toplam çözünebilir şeker birikimini *SU8 B. aquimaris* uygulamasından elde ederken, en yüksek indirgen şeker birikimini SU44 *B. aquimaris* uygulamasından elde etmişlerdir. Yapraklardaki azot, potasyum, fosfor miktarlarının ST-BBAR inokülasyonundan sonra önemli derecede arttığı ve SU47 *B. subtilis* ırkının en yüksek Na içeriğini azaltma etkisine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bazı bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (*Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus GC subgroup B* EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37 ve *Kocuria erythromyxa* EY43) iki turunçgil anacında tuz stresi şartlarında etkilerinin araştırıldığı çalışmada bitki boyu, bitki ve kök yaş ağırlığı, kök uzunluğu yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ve membran geçirgenliği incelenmiştir. Bütün bakteri uygulamalarının her iki turunçgil anacında da bitki boyunu ve kök uzunluğunu önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir. Üç yapraklı ve yerli turunç anaçlarında en yüksek YOSİ değerinin EY43 bakteri ırkından elde edildiği bildirilmiştir (Arikan ve ark., 2016).

Yapılan hidroponik uygulamalarla bir BBAR türü olan *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9 ırkının mısır bitkisinde tuz stresine toleransı incelenmiştir. Tuz stresinde 20 gün sonra SQR9 ırkının mısır fidelerinin gelişimini teşvik ettiği ve klorofil içeriğinin iyileştirildiği belirlenmiştir. Yapılan analizlerde toplam çözünebilir şeker içeriğinin arttığı, hücre yıkımının azaldığı, peroksidaz, katalaz aktivitesinin ve glutatyon içeriğini iyileştiği ve bitkilerde Na^+ seviyesinin azaldığı belirlenmiştir.. Ayrıca bu çalışma ile SQR9'in tuz stresine yanıt olarak absisik asit artışını dengelediği de tespit edilmiştir (Chen ve ark., 2016).

Bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin ACC deaminaz üretme kabiliyetlerini belirlemek ve bamyada tuz stresine toleransta bu bakterilerin ROS temizleyici enzim aktivitelerini açıklamak için yapılan çalışmada, BBAR uygulanan bitkilerin yüksek çimlenme ve klorofil içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir. Tuzluluk stresi altındaki bamya bitkilerinde BBAR uygulamasının antioksidan aktivitesini (SOD, APX ve CAT) artırdığı tespit edilmiştir. Tuz stresi altında *Enterobacter* sp. UPMR18 uygulamasının diğer uygulamalarla karşılaştırıldığında, test edilen bütün parametrelerde önemli bir etkiye sahip olduğu da belirlenmiştir (Habib ve ark., 2016).

Hossain ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada SS01, SS02, SS03, SS04, SS05, SS06, SS07, SS08, SS09 ve SS10 bakteri izolatlarının tuz stresi altında nohut bitkisinin gelişimine etkilerini incelemişlerdir. İzolatların çoğunun sürgün uzunluğu, kök

uzunluğu ve sürgün ve kök kuru madde üretimini önemli derecede artırdığı belirlenmiştir.. Ayrıca, bakteri uygulamalarının tuzluluk şartlarında tohum çimlenme oranını iyileştirdiği tespit edilmiştir. Araştırıcılar kullanılan BBAR izolatlarından SS04, SS10 ve SS08'in tuzluluk şartlarında nohut yetiştiriciliğinde biyogübre olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Mahmood ve ark. (2016a) tarafından yapılan çalışmada tarlada tuzlu sulama suyu şartlarında bitki büyümesini teşvik edici rizobakteri inokulasyonu ve yapraktan silikon uygulamasının maş fasulyesinin gelişme ve fizyolojisi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmacılar maş fasulyesi tohumlarını 2 BBAR ırkı ile inokule edilip damla sulama sisteminde 3 farklı tuzlu sulama suyu (3.12, 5.46 ve 7.81 dS m^{-1}) altında yetiştirmişlerdir. Gelişmenin 3 hafta sonrasında 3 silikon seviyesi (0,1 ve 2 kg ha^{-1}) için yapraktan potasyum silikat uygulanmıştır. BBAR ve Si uygulamalarının tek başına ve kombinasyonlarının bütün tuz seviyelerinde kontrole göre maş fasulyesinin büyüme ve fizyolojisinde önemli gelişmeler sağladığı tespit edilmiştir. Özellikle SM16 ve 2 kg ha^{-1} Si uygulamalarının 7.81 dS m^{-1} tuz seviyesi altındaki bitkilerde klorofil içeriği ve transpirasyon oranında kontrole göre sırasıyla %61.5 ve %74.16 gelişme sağladığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, SM16 ve SM6 inokulasyonları ve 1 ve 2 kg ha^{-1} Si uygulamaları tuzlu şartlarda maş fasulyesinin taze ve kuru ağırlıklarında önemli artışlar sağlamıştır.

18 halotolerant ve halofilik bakterinin *in vitro* ve hidroponik ortamda bitki büyümeyi teşvik etme kabiliyetlerinin araştırıldığı çalışmada, bakteri ırklarının amonyak, IAA ve ACC deaminaz üretimi, fosfat çözebilme ve nitrojen fiksasyonu aktiviteleri araştırılmıştır. Araştırılan bakteri ırklarının *in vitro* şartlarında farklı bitki büyümeyi teşvik edici etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Tuz stresi altında (200 mM NaCl) bu bakteri ırklarının önemli derecede bitkilerin kök ve sürgün uzunluğunu ve toplam taze ağırlığını artırdığı belirlenmiştir (Orhan, 2016).

Singh ve Jha (2016) yapmış oldukları çalışmada tuz stresi (150-200 mm) altında buğday bitkisinde *Serratia marcescens* CDP-13 bakteri ırkının etkisini incelemişlerdir. CDP-13 uygulamasının tuz stresine toleransta bitkilerdeki bazı osmoprotektanların (prolin, malonaldehit, toplam protein gibi) konsantrasyonunu ayarlamada etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bakteri uygulamasının farklı tuz seviyelerinde antioksidan enzim aktivitelerinde (SOD, CAT ve POD) değişikliklere neden olduğu da tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma 2014-2016 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde yürütülmüştür. Denemede M9 elma anacına aşılı Fuji çeşidi ile Ma X Ma 14 kiraz anacı üzerine aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine ait fidanlar kullanılmıştır.Tuz uygulamaları tuzlu toprak şartları ve sulama suyu ile tuzlandırma şeklinde yapılmıştır.

3.1. Materyal

Araştırmada 1 yaşlı aşılı elma ve kiraz fidanları kullanılmıştır. Elma türünde M9 üzerine aşılı Fuji çeşidi ve kiraz türünde Ma X Ma 14 klon anacı üzerine aşılı 0900 Ziraat çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılan çeşitlere ait fidanlar 2014 yılı Mart ayında dikilmiştir. Çalışmada *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, *Kocuria erythromyxa* EY43 bakteri ırkları kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Denemede kullanılan kiraz fianları (Orj.)



Şekil 3.2. Denemede kullanılan elma fidanları (Orj.)

3.1.1. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal

3.1.1.1 M9 anacı

1879 yılında Fransa'da ıslah edilmiştir. Üzerine aşılı çeşitler genellikle iki veya üç yaşında meyve vermeye başlar. Kökleri zayıf ve yüzlek olduğundan desteğe ihtiyaç duyar. Ağaçlar 25 yıl kadar yaşamaktadır. Kuraklığa, toprak yorgunluğuna, kök kanseri ve elma kabuklu bitine duyarlı, kök boğazı çürüklüğüne dayanıklıdır. Soğuklara dayanımı orta derecededir (Özçağıran ve ark., 2005).

3.1.1.2. Ma X Ma 14 anacı

Farklı toprak tiplerine adapte olmuş *Prunus avium* ve *Prunus mahalep* melezi bir anaçtır. Yarı bodur bir anaç olup, orta kuvvette büyüme gücüne sahiptir. Mazzard F12/1 üzerine aşılı ağaçların %40–60'ı büyüklüğünde taç oluşturur. Kireçten kaynaklanan kloroza karşı dayanıklıdır (Anonim, 2013; Eroğul, 2013).

3.1.1.3. Fuji elma çeşidi

Ralls Janet x Red Delicious melezi olarak Japonya'da elde edilmiştir. Ağacı kuvvetli gelişir. M7, M9, M26 gibi bodur anaçlara aşılanmalıdır. Meyvesi sarı kabuk üzerine kırmızı ile karışık turuncu renktedir. Meyve orta iri, az ekşi, sert dokulu ve suludur. Kendine verimlidir. Eylül sonu- Ekim ayında hasat edilmektedir (Özçağıran ve ark., 2005; Anonim, 2009).

3.1.1.4. 0900 Ziraat kiraz çeşidi

Geç mevsim çeşididir. Meyvesi çok iri (8.179 g), parlak koyu kırmızıdır. Meyve eti çok sert, sulu, gevrek, çok lezzetli ve çok iyi kalitededir. Ağacı kuvvetli ve yayvan gelişir. Kendine kısırdır. Tozlayıcıları Starks Gold, Merton Late ve Lambert'tir (Dilmaçünal, 2002).

3.1.2. Araştırma kullanılan bakteri ırkları

Araştırmada kullanılan *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6, *Bacillus spharicus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37, *Kocuria erythromyxa* EY43 bakteri ırklarının tuzlu şartlarda bitki büyümesini teşvik ettiği bildirilmektedir (Karlidag ve ark., 2011a). Ayrıca, bu bakteriler salgıladıkları organik asitler vasıtasıyla toprak pH'sını düşürme özelliğine de sahiptir. Bu bakteri ırklarına ait bazı özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada Kullanılan Bakteri İzolatlarının Bazı Biyokimyasal Özellikleri (Karlidag ve ark., 2013)

Bakteri İzolatı/ kodu	Gram Boyama	Katalaz	P çözme	Nitrojensiz ortamda gelişme
***B. subtilis* EY2**	+	+	-	+
***B. atrophaeus* EY6**	+	+	-	+
***B. spharicus GC subgroup B* EY30**	+	+	+	+
***Staphylococcus kloosii* EY37**	+	+	+	-
***Kocuria erythromyxa* EY43**	+	+	+	+

3.2. Yöntem

3.2.1. Bakteri solüsyonlarının hazırlanması

Denemede kullanılan bakteri ırkları Yrd. Doç. Dr. M. Figen DÖNMEZ'den (Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi) temin edilmiştir. Bakteri ırkları, Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü laboratuvarlarında Nutrient Agar üzerine ekilerek 24 saat 30°C'de bekletilmiştir. Bu süre sonunda gelişmesini tamamlayan bakteri kültürlerinden Nutrient Broth içerisinde süspansiyon hazırlanmıştır. Bakteriler bitkilere 10^9 CFU/ml yoğunlukta uygulanmıştır (Esitken ve ark., 2006).

3.2.2. Bakteri uygulamalarının yapılması

Çalışmada kullanılan tüm bakteriler fidan dikimi öncesinde köklere 30 dakika inokulasyon şeklinde ve sonrasında birer ay ara ile 3 kez kök bölgesine enjeksiyon şeklinde olmak üzere toplam 4 kez uygulanmıştır. Bakteri inokulasyonu ardından fidanlar 2:1:1 torf: perlit: kum içeren 12 litrelik saksılara dikilmiştir. Mart ayında yapılan dikim ve ilk bakteri inokulasyonu ardından Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında bakteri çözeltileri saksılara 500 ml dökülerek bakteri uygulamaları tekrarlanmıştır.



Şekil 3.3. Denemeye ait fidanlar (Orj.)

3.2.3. Tuz uygulamalarının yapılması

Araştırmada tuz uygulaması 2 farklı şekilde yapılmıştır.

1. Bakteri inokulasyonu yapılmış fidanların dikimi doğrudan tuzlu ortama yapılmıştır (Çizelge 3.2). Ortamın başlangıçta tuzlu olmasını sağlamak için 7:9:3:1 oranında NaCl: Na_2SO_4: $CaCl_2$: $MgSO_4$ karışımı içeren saf su ile sulanarak ortam tuz içeriği arttırılmıştır. Kullanılan türlerin toprak tuzluluğuna hassasiyetleri farklı olduğu için tuz konsantrasyonu elma için 2,5-3,0 $mScm^{-1}$, kiraz için 2,0-2,5 $mScm^{-1}$ seviyelerinde tutulmuştur. Deneme süresince bitkiler haftada 2 defa Hougland çözeltisi ile sulanmıştır. 15 gün aralıklarla ortamın EC değeri ölçülerek, ortamın EC'si düştüğü taktirde tuzlu Hougland çözeltisi ile belirtilen sınırlarda tutulmuştur.
2. Bakteri inokulasyonu yapılmış fidanların dikiminden 1 ay sonra 7:9:3:1 oranında NaCl: Na_2SO_4: $CaCl_2$: $MgSO_4$ tuz karışımı saksılara haftada 2 kez uygulanarak bu uygulamaya büyüme periyodu süresince devam edilmiştir (Çizelge 3.3). Yine aynı şekilde EC ölçümleri ile ortamların tuz miktarlarının elma için 2,5-3,0 mS cm^{-1} kiraz için ise 2,0-2,5 mS cm^{-1} arasında olması sağlanmıştır. Ortamın EC'si yükseldiğinde su uygulanarak ortamın tuz içeriği elma için 2,5-3,0 mS cm^{-1}, kiraz için ise 2,0-2,5 mS cm^{-1} aralığında tutulmuştur. Deneme planları Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Denemeye Tuzlu Ortam ile Başlanması

ELMA	1. Kontrol (Tuzsuz toprak)
	2. Kontrol (Tuzlandırılmış toprak)
	3. EY2
	4. EY6
	5. EY30
	6. EY37
	7. EY43
KİRAZ	1. Kontrol (Tuzsuz toprak)
	2. Kontrol (Tuzlandırılmış toprak)
	3. EY2
	4. EY6
	5. EY30
	6. EY37
	7. EY43

Çizelge 3.3. Ortama Sulama Suyu ile Tuz İlavesi

ELMA	1. Kontrol
	2. Kontrol (Tuz uygulaması olan)
	3. EY2 + Tuz uygulaması
	4. EY6 + Tuz uygulaması
	5. EY30 + Tuz uygulaması
	6. EY37 + Tuz uygulaması
	7. EY43 + Tuz uygulaması
KİRAZ	1. Kontrol
	2. Kontrol + Tuz uygulaması
	3. EY2 + Tuz uygulaması
	4. EY6 + Tuz uygulaması
	5. EY30 + Tuz uygulaması
	6. EY37 + Tuz uygulaması
	7. EY43 + Tuz uygulaması

Deneme iki türde de 3 tekerrürlü olarak kurulmuş olup, her tekerrürde 3 fidan kullanılmıştır. Buna göre her türde 2 farklı tuz uygulaması ile toplam 126 fidan bulunmaktadır. Saksılara dikimi yapılan fidanlar damla sulama yöntemi haftada 1 kez sulanmıştır.

3.2.4. Uygulamaların vejetatif büyüme üzerine etkisi

Uygulamaların vejetatif gelişme üzerine etkileri gövde çapı, sürgün boyu, sürgün kalınlığı, yaprak alanı, membran geçirgenliği, yaprak nispi su içeriği, fotosentez etkinliği, stoma sayısı, stomatal iletkenlik, bitki ve kökte kuru ağırlık gibi özellikleri incelenerek belirlenmiştir. Gövde çapı, sürgün uzunluğu ve sürgün çapı sezon sonunda yapraklar döküldükten sonra ölçülmüştür. Yaprak alanı, membran geçirgenliği, yaprak nispi su içeriği, stoma sayısı ve stomatal iletkenlik denemede tuz ve bakteri uygulamasının başlamasından sonra uygulamalar arasında gözle görülür farklılıklar ortaya çıktığında ölçülmüştür.

3.2.4.1. Fidanlarda gövde çaplarının belirlenmesi

Fidanlarda gövde çapı aşı noktasının 5 cm üzerinden dijital kumpas ile ölçülerek belirlenmiştir (Coşkun ve Pırlak, 2017).

3.2.4.2. Sürgün uzunluğunun belirlenmesi

Fidanlarda sürgün uzunluğu rastgele seçilen 3 sürgünde şerit metre yardımı ile ölçülerek belirlenmiştir (Coşkun ve Pırlak, 2017).

3.2.4.3. Sürgün çapının belirlenmesi

Fidanlarda sürgün çapı rastgele seçilen 3 sürgünde sürgünün tam ortasından dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür (Coşkun ve Pırlak, 2017).

3.2.4.4. Yaprak alanının belirlenmesi

Bitkilerden alınan tam büyüklüğüne ulaşmış yapraklar *Winfolia* (Regent Instruments Inc., Canada) yaprak alan ölçer ile ölçülmüştür**.** Ölçümler her bitkiden şansa bağlı olarak seçilen 10 yaprakta yapılmıştır (Ipek ve ark., 2014).

3.2.4.5. Fotosentez etkinliğinin belirlenmesi

Fotosentez ölçüm cihazı Li-Cor 6400 xip (LI-COR Biosciences UK Ltd., United Kingdom) ile belirlenmiştir. Ölçümler her bitkiden şansa bağlı olarak seçilen 10 yaprakta yapılmıştır (Çimen ve ark., 2013).

3.2.4.6. Membran geçirgenliğinin belirlenmesi

Membran geçirgenliği için her biri 1 cm^2 büyüklüğünde 3 yaprak diski alınıp cam tüpler içerisinde 3 kez saf sudan geçirilmiştir. Bu işlemin ardından 10 ml su eklenip kapalı viallerde 24 saat 25°C'de çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Hemen ardından EC ölçülmüştür (C_1) ve aynı örnekler 20 dk 120°C'de otoklavda bekletildikten sonra 25°C'ye kadar soğumaları beklenerek sonra yine EC ölçümü yapılmıştır (C_2). Daha sonra membran geçirgenliği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Lutts ve ark., 1996).

$$\text{Mebran Geçirgenliği} = \frac{\text{C1}}{\text{C2}} \times 100$$

3.2.4.7. Yaprak nispi su içeriğinin belirlenmesi

Vejetasyon döneminde bitkilerden alınan 3 yaprak diski tartılarak yaş ağırlığı belirlenmiş, sonra saf su dolu petri kaplarında hava almayacak şekilde bekletilerek ve tartılarak turgor durumundaki ağırlıkları alınmıştır. Sonra yaprak 80°C'de etüvde 48 saat tutularak kuru ağırlığı tartılmışve aşağıdaki formüle göre nispi su içeriği hesaplanmıştır (Kaya ve ark., 2003).

$$\text{YNSİ} = [(\text{YA} - \text{KA})/(\text{TA} - \text{KA})]\text{x}100$$

YNSİ= Yaprak Nispi Su İçeriği
KA= Kuru Ağırlık
YA= Yaş Ağırlık
TA= Turgor Durumundaki Ağırlık

3.2.4.8. Stomatal iletkenliğin belirlenmesi

Bitkiden rastgele seçilen büyümesini tamamlamış yaprakların orta kısmından öğle saatinde "Leaf Porometer" cihazı ile ölçülmüştür (Kuşcu, 2006).

3.2.4.9. Bitki kuru ağırlığının belirlenmesi

Deneme sonunda saksılardan sökülen bitkilerin kök aksamı dışındaki bölümleri 72°C'de etüvde 48 saat tutularak, kuru ağırlıkları hassas terazi ile tartılarak belirlenmiştir.

3.2.4.10. Kök kuru ağırlığının belirlenmesi

Deneme sonunda saksılardan sökülen bitkilerin kökleri ayrılarak, 72°C'de etüvde 48 saat tutularak kuru ağırlıkları hassas terazi ile tartılarak belirlenmiştir.

3.2.5. Uygulamaların antioksidan enzim aktivitesine etkisinin belirlenmesi

Stres şartlarında bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROT) meydana gelmekte ve bunlar bitkilerde büyük zararlara sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak bitkiler bu zararlardan korunmak için bazı enzimleri önemli ölçüde üretmektedir. Bu açıdan önemli enzimlerin bazıları katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutazdır. Araştırmada bu enzim miktarları belirlenmiştir. Ayrıca, bunlara ilaveten lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit konsantrasyonu, prolin ve protein miktarları da belirlenmiştir.

3.2.5.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması

Stres altındaki bitkilerde meydana gelen enzim değişimlerini saptamak için analizlere kadar -80 °C derin dondurucuda saklanmış büyümesini tamamlamış yaprak örneklerinden 1 g tartılıp soğuk bir havan içine konulmuş ve üzerine sıvı azot ilave edilerek toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Sonra üzerine 5 mL soğuk homojenat tamponu (%1 PVP ve 1 mM EDTA ihtiva eden 0.1 M KH_2PO_4, pH: 7.0) ilave edilmiş ve karışım bir santrifüj tüpüne aktarılarak 15000 rpm ve +4 °C'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda elde edilen süpernatant SOD, CAT, POD

antioksidan enzimlerin aktivite ölümleri için kaynak olarak kullanılmıştır (Angelini ve Federico, 1989)

3.2.5.2. Katalaz aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz'ın (KAT) aktivite tayini için Havir ve McHale (1987) in uyguladığı metot kullanılmıştır. Bu metot, katalazın ortamdaki H_2O_2'nin oksijen ve suya dönüşümünü sağlarken, meydana gelen absorbans değişiminin 240 nm'de izlenmesi esasına dayanır. Önce reaksiyonda azalan H_2O_2 miktarını belirlemek için standart grafik hazırlanmıştır. Standart grafik hazırlamak için, 5 mM H_2O_2 çözeltisinden 3 ml'lik spektrofotometre tüplerine sırasıyla; 0.15- 0.3- 0.45- 0.6- 0.75- 0.9- 1.05- 1.2- 1.35 ve 1.5 ml konulmuş, tüplerin hacimleri saf su ile 1.5 ml'ye tamamlanmış ve her tüpe 1.47 ml 103.5 mM KH_2PO_4 ve 30 µl su ilave edilmiştir. Küvet spektrofotometreye yerleştirildikten sonra 240 nm'de absorbans köre karşı okunmuş ve absorbans değerlerine karşılık gelen µM H_2O_2 değerleri kullanılarak standart grafik elde edilmiştir. Aktivite ölçümü için 3 ml'lik spektrofotometre küvetine, 103 mM KH_2PO_4 tamponundan 1.475 ml ve 40 mM'lık H_2O_2 substrat çözeltisinden 1.5 ml konulduktan sonra, 25 µl enzim ekstraktı ilave edilmiştir. Küvet spektrofotometreye yerleştirildikten sonra 240 nm'de 3dk. boyunca 1 dakika aralıklarla köre karşı absorbansı okunmuştur. Ölçümlerde absorbansın doğrusal olarak azaldığı aralıktan dakika başına absorbans azalması hesaplanmıştır. Bu ortalama absorbans değerleri, standart grafik yardımıyla µmol cinsinden H_2O_2 miktarına dönüştürülmüştür. 25^oC'de, 1 dakika içinde, absorbansı 1 µmol azaltan enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiş ve sonuçlar g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU g^{-1} TA) olarak sunulmuştur (Gong ve ark., 2001).

3.2.5.3. Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi

Peroksidaz (POD) aktivite tayini, guaikol ve H_2O_2'nin substrat olduğu reaksiyonun ürünü olan renkli bileşiğin meydana getirdiği absorbans artışının 470 nm'de izlenmesi esasına dayanmaktadır (Angelini ve Federico, 1989). Aktivite ölçümü için spektrofotometre küvetine; 100 ml 0.1 M, NaH_2PO_4 (pH: 5.5) ve 5 mM guaikol ve 5 mM H_2O_2 içeren substrat çözeltisinden 3 ml konulduktan sonra, üzerine 10 µl enzim ekstraktı ilave edilmiştir. 470 nm'de 5 dk. boyunca absorbans artışı 1 dakika aralıklarla kaydedilmiş ve absorbansın doğrusal olarak arttığı kısımdaki absorbans artışı bir

dakikaya oranlanmıştır. 25 ºC'de 1 dakikada, absorbansı 0.01 artıran enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiş ve sonuçlar g yaprak başına düşen enzim ünitesi (EU g^{-1} TA) olarak sunulmuştur (Ye ve ark., 2003).

3.2.5.4. Süperoksit dismutaz aktivitesinin belirlenmesi

Süperoksit dismutaz aktivitesi, nitro blue tetrazoliumun (NBT) süperoksit radikalleri ile mavi renkli formazona fotokimyasal indirgenmesi reaksiyonunun SOD enzimi tarafından engellenmesinin spektrofotometrik olarak belirleme esasına dayanır. Reaksiyon karışımı (3 mL); 50 mM KH_2PO_4 (pH: 7.8), 13 mM metiyonin, 63 µM NBT, 13 µM riboflavin ve 0.1 mM EDTA içermelidir. Aktivite ölçümü için 3 mL spektrofotometre küvetine yukarıdaki riboflavin içermeyen reaksiyon karışımında 2.58 ml alınmış ve üzerine 30 µL enzim ekstraktı pipetlenmiştir. Reaksiyon, tüp üzerine 13 µM'lık riboflavin çözeltisinden 390 µL pipetlenip karıştırıldıktan hemen sonra, beyaz bir ışık kaynağı önüne yerleştirmek suretiyle başlatılmıştır. Tüp, ışık kaynağının karşısında 15 dk. tutulmuş ve reaksiyon ışık kaynağının kapatılmasıyla durdurulmuştur. 15 dk. içerisinde NBT'nin renk açılma yoğunluğu 560 nm'de köre karşı okunmuştur. Kör; aynı işlemin enzimsiz örneğinden oluşmuştur. SOD aktivitesinin 1 ünitesi, 560 nm'de gözlenen NBT indirgenmesinin %50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı olarak kabul edilmiş ve değerler EU g^{-1} TA yaprak olarak sunulmuştur (Agarwal ve Pandey, 2004; Yordanova ve ark., 2004).

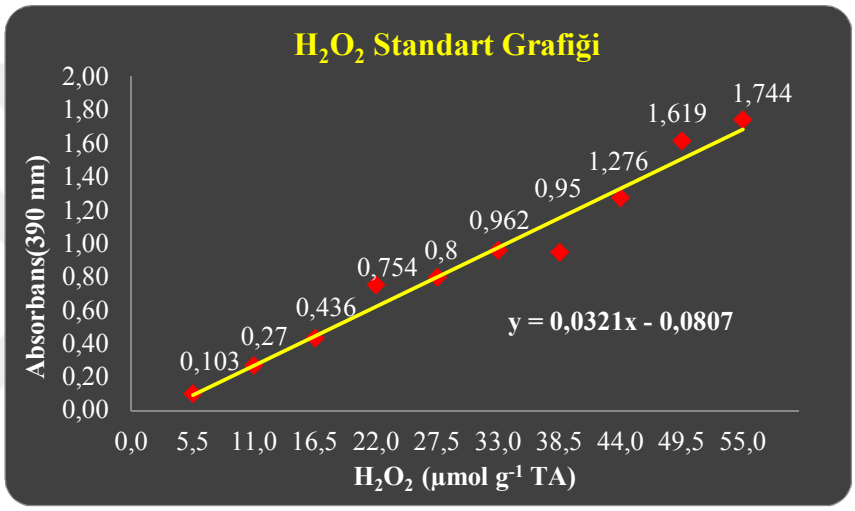
3.2.5.5. Lipid peroksidasyon konsantrasyonunun belirlenmesi

Yaprak dokularında lipid peroksidasyonu malondialdehit'in, başlıca bir 2-thiobarbiturik asit (TBAA) reaktif çeşidi ve lipid peroksidasyon ürününün ölçülmesiyle belirlenmiştir (Heath ve Packer, 1968). Yapraklar (0.2 g) trikloroasetik asidin (%0.1'lik TCA) 3 ml'sinde bekletilmiştir. Homojenat 10.000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve ml yüzeysel kalıntı parçası 4 ml'lik %20 TCA ve %0.5'lik TBAA karışımına eklenmiştir. Karışım 30 dakika boyunca 95 ºC sıcaklıkta ısıtılmasının ardından buzda serinletilerek 5 dakika boyunca 10.000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Yüzeysel kalıntının geçirgenliği 532 ve 600 nm'de ölçülmüştür ve aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$MDA\ (nmol\ ml^{-1}) = [(A532-A600)/155\ 000]\ 10^6$$

3.2.5.6. Hidrojen peroksit konsantrasyonunun belirlenmesi

H_2O_2'nin konsantrasyonunun belirlenmesi için, yaprak dokusu (0.2 g) buz banyosundaki 5 ml %0.1 TCA ile bekletilmiş ve 15 dakika boyunca 12.000 xg de santrifüj edilmiştir (Velikova ve ark., 2000). Yüzeysel kalıntının 0.5 ml'si pH'sı 7.0 olan 0.5 ml fosfat tamponu ve 1 ml 1 M'lık KI karışımına eklenmiştir. Karışımın geçirgenliği 390 nm'de okunmuştur. H_2O_2'nin konsantrasyonu standart grafikten hesaplanmıştır (Şekil 3.15). Standart konsantrasyon grafiği, mevcut protokolde bitki ekstrakı yerine hidrojen peroksitin 0-50 µmol konsantrasyonları kullanılarak oluşturulmuştur.

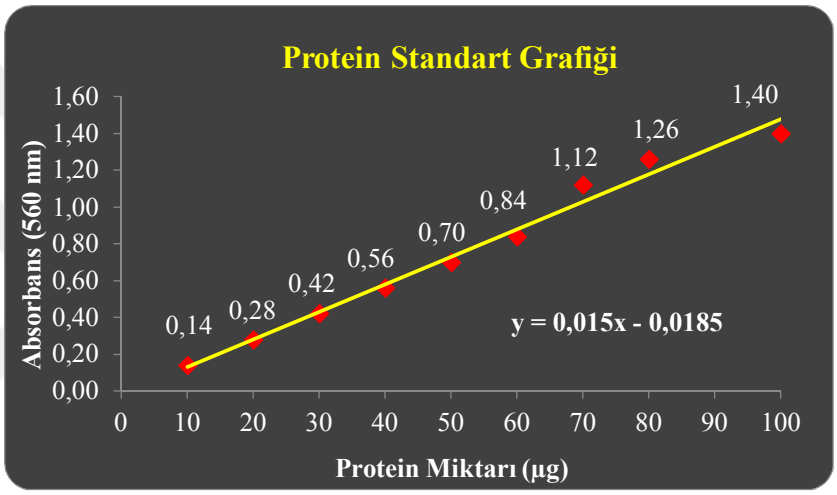


Şekil. 3.1. H_2O_2 Standart Grafiği

3.2.5.7. Çözünebilir protein miktarının tayini

Stres altındaki bitkilerde protein tayini, alınan 0.5 g'lık bitki örnekleri kullanılarak "Bradford" (Bradford, 1976) metoduna göre yapılmıştır. Sonuçlar "mg protein/g" taze doku cinsinden hesap edilmiştir. Her bir uygulamaya ait 0.5 g bitki örnekleri küçük parçalara ayrılmış ve 10 misli hacimdeki 0.05 M fosfat tamponunda (pH: 6.5) havanda ezilerek homojenizasyon yapılmıştır. Homojenat, santrifüj tüplerine alınıp, 15.000 rpm' de 20 dk. boyunca santrifüj edilmiştir. Protein tayini için tüplerin üst kısmındaki sıvı faz (süpernatant) kullanılmıştır. Metot için gerekli standart grafik şu şekilde hazırlanmıştır; 1 ml'sinde 1mg protein içeren standart sığır albumin çözeltisinden 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 µg protein içeren hacimler tüplere aktarılıp, saf su ile bütün tüplerin hacimleri 0.2 ml'ye tamamlanmıştır. Bu tüplere 3'er ml'de Bradford tampon çözeltisi

ilave edilip vorteks ile karıştırılmıştır. Kör numune olarak 0.2 ml aynı tampondan ve 3 ml Bradford tampon çözeltisinden oluşan karışım kullanılmıştır. Yapılan spektrofotometrik ölçümler sonucunda, 595 nm'deki absorbans değerlerine karşılık gelen protein değerlerinden yararlanılarak standart grafik elde edilmiştir (Şekil 3.11). Standart grafik hazırlama çalışmasında olduğu gibi, bitki organlarından elde edilen özütlerden 0.2 ml alınıp, 3 ml Bradford tampon çözeltisi ile karıştırılmış ve 595 nm'de absorbansları ölçülerek, standart grafikten yararlanılıp, 0.2 ml özütteki protein miktarları belirlenmiştir. Daha sonra, gerekli hesaplamalar yapılarak protein miktarları mg protein/g doku olarak hesaplanmıştır (Bradford, 1976).

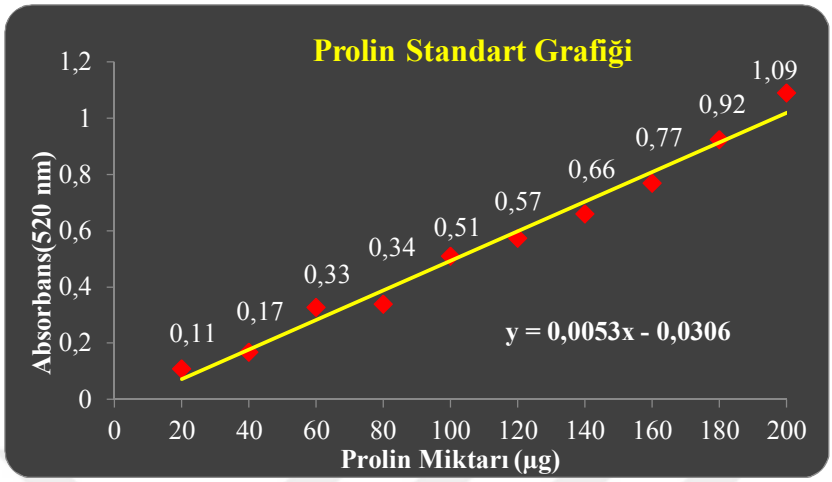


Şekil. 3.2. Protein Standart Grafiği

3.2.5.8. Prolin miktarının tayini

Prolin tayini, spektrofotometrik olarak asit-ninhidrin metoduyla yapılmıştır (Bates ve ark., 1973). 1 ml'sinde 200 µg prolin içeren stok çözeltiden tüplere 0.2- 0.4- 0.6- 0.8- 1.0- 1.2- 1.4- 1.6- 1.8 ve 2.0 ml alınarak her tüpün üzeri saf su ile 2 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra tüplere 2 ml glasiyel asetik asit ve 2 ml asit-ninhidrin çözeltisi ilave edilmiştir. Sonrasında örnekler 100 °C'ye ayarlı etüve alınmıştır. Bir saat sonra buz banyosunda 10dk. tutularak her tüpe 4ml toluen ilave edilmiş, bir vorteksle 20-30 sn karıştırılmıştır. Daha sonra her tüpte üstte kalan faz otomatik pipetle alınarak 520 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Kör numune için toluen kullanılmıştır. Yapraklarda prolin tayini için 0.1 g doku 10 ml %3'lük sülfosalisilik asit içinde bir porselen havanda homojenize edilmiştir. Homojenat filtre kâğıdıyla analitik bir huniden süzülerek, süzüntüden 2 ml alınmış yukarıda standart hazırlamada bahsedilen işlemlerden geçirilmiştir. Daha sonra 520

nm'de okunan değerler standart grafik (Şekil 3.13) üzerinden µg prolin/g taze yaprak olarak belirlenmiştir.



Şekil. 3.3. Prolin Standart Grafiği

3.2.6. Uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisinin belirlenmesi

Yapraktan alınan yeterli miktarda (5-25 g) örnek -80°C'de derin dondurucuda dondurularak sıvı azot altında -196°C'de homojenize edilmiştir. 50-100 mg homojenize edilmiş örnek 1,5 ml'lik viallere alınarak üzerine 500 µl 1-propanol/Su/HCL (2/1/0,002) çözeltisi ve 10-50 ng internal standart ilave edilerek 4°C'de 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra 1 ml dikolorometan ilave edilmiş ve 4°C'de tekrar 30 dk bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda 13000 xg devirde 5 dk santrifüj edilmiş ve alttaki fazdan 1 ml alınarak uçurulup, 0.3 ml methanol ile tekrar çözülerek LC-MS/MS ve QTOF-LC cihazına enjekte edilmiştir (Pan ve ark., 2008).

3.2.7. Uygulamaların bitkilerin besin elementi alımına etkisinin belirlenmesi

Bitkilerin beslenme durumlarının belirlenmesinde yaprak analizlerinden faydalanılmıştır. Büyümesini tamamlamış yapraklardan alınan örnekler laboratuvara getirilip yıkandıktan sonra 65-70°C'de kurutulmuştur. Kurutulan yaprak örnekleri porselen havanda öğütüldükten sonra, N tayininde mikro-Kjeldahl, P analizinde vanado molibdik sarı renk metodu, Cl analizinde Mohr metodu ve diğer besin elementleri (K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, B, Na) analizleri ICP cihazı kullanılarak yapılmıştır (Soltanpour ve

ark., 1979). Yapraklardaki besin elementlerinin değerlendirilmesi Jones Jr ve ark. (1991)' nın aşağıdaki tabloda belirtildiği sınırlar göz önüne alınarak yapılmıştır.

Çizelge 3.4. Bitki besin elementi sınır miktarları (Jones Jr ve ark., 1991)

	Elma	**Kiraz**
N (%)	1.90-2.69	2.00-3.00
P (%)	0.14-0.40	0.16-0.50
K (%)	1.50-2.40	2.50-3.00
Ca (%)	1.20-1.60	2.00-3.00
Mg (%)	0.25-0.50	0.30-0.80
S (%)	0.20-0.40	-
B (ppm)	25-50	20-100
Cu (ppm)	6-50	5-50
Fe (ppm)	50-300	100-250
Mn (ppm)	25-200	40-200
Mo (ppm)	> 0.10	-
Zn (ppm)	20-100	20-50

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmış olan araştırmadan elde edilen veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş olup analizler %5 önem seviyesinde yapılmıştır. Analiz için SPSS 23 paket programından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

4.1.1. Uygulamaların gövde çaplarına etkisi

4.1.1.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların gövde çapına etkisi

Fidanlara uygulanan bakteri ırklarının fidan gövde çapı üzerine etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılmış toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta 1. yıl verileri incelendiğinde bütün bakteri uygulamalarının gövde çapını artırdığı tespit edilmiştir. En yüksek artış yalnız tuzlu topraktaki bitkilere göre EY43 (19.04 mm) bakteri uygulaması yapılmış bitkilerden elde edilmiştir. En yüksek gövde çapı kontrol (21.00 mm) bitkilerinden elde edilirken, en düşük gövde çapı ise yalnız tuzlu topraktaki (12.97 mm) bitkilerden elde edilmiştir. 2. yıl ise kontrol (12.03 mm) bitkilerinden sonra EY43 (11.35 mm) ve EY37 (10.79 mm) bakteri uygulamaları yapılan bitkiler en yüksek gövde çapını vermiştir. Yalnız tuzlu topraktaki bitkilere göre en yüksek artış ise %66.9 ile EY43 bakteri ırkından sağlanmıştır.

Çizelge 4.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	21.00 a	12.03 a	21.00 a	12.03 a
Tuz	12.97 f	6.80 g	13.62 e	8.12 c
EY2+Tuz	16.25 d	9.23 e	17.89 c	10.65 b
EY6+Tuz	14.88 e	8.89 f	15.56 d	10.39 b
EY30+Tuz	17.65 c	9.49 d	18.20 c	10.55 b
EY37+Tuz	18.36 bc	10.79 c	19.33 b	11.85 a
EY43+Tuz	19.04 b	11.35 b	20.17 ab	11.82 a
A.Ö.F.	1.35^{***}	0.36^{***}	1.48^{***}	0.85^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılmış toprakta 1. yıl bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde kontrol bitkileri 21.00 mm ile en yüksek gövde çapını vermiştir. En düşük gövde çapı ise yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilerinden (13.62 mm) elde edilmiştir. Bütün bakteri uygulamaları yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilere göre gövde çapını

artırmıştır. En yüksek artışı ise yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilere göre %48.1 ile EY43 (20.17 mm) bakteri ırkı sağlamıştır. 2. yıl verilerine göre EY37 (11.85 mm) uygulaması gövde çapında yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilere göre %45.9 artış sağlarken, EY43 ırkı 11.82 mm gövde çapı ile EY37'den sonra gelmiştir. En yüksek gövde çapı kontrol bitkilerinden (12.03 mm), en düşük gövde çapı ise yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilerinden (8.12 mm) elde edilmiştir.

4.1.1.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların gövde çapına etkisi

Bakteri uygulamalarının etkileri elmaya benzer şekilde kiraz fidanlarında da her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılmış toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2.).

1. yılda tuzlandırılmış topraklarda uygulanan bakteri ırklarının etkisi incelendiğinde kontrol bitkileri 16.18 cm ile en yüksek gövde çapını vermiştir. En düşük gövde çapı ise yalnız tuzlu topraktaki kontrol bitkilerinden (11.17 mm) elde edilmiştir. Bütün bakteri uygulamalarının yalnız tuzlu topraktaki bitkilere göre gövde çapını artırdığı belirlenmiştir. En yüksek artışı ise yalnız tuzlu topraktaki kontrol bitkilerine göre %38.5 ile EY43 bakteri ırkı (15.47 mm) sağlamıştır. 2. yıl verilerine göre ise yine EY43 uygulaması gövde çapında yalnız tuzlu topraktaki kontrol bitkilere göre %40.1 artış sağlamıştır. En yüksek gövde çapı kontrol bitkilerinden (15.87 mm), en düşük gövde çapı ise yalnız tuzlu topraktaki kontrol bitkilerinden (10.11 mm) elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	16.18 a	15.87 a	16.18 a	15.87 a
Tuz	11.17 e	10.11 e	11.59 c	11.56 d
EY2+Tuz	13.49 c	12.32 d	13.83 b	13.38 c
EY6+Tuz	12.84 c	12.47 cd	13.87 b	13.64 c
EY30+Tuz	13.38 c	12.50 cd	14.63 b	13.13 c
EY37+Tuz	13.24 c	13.23 c	14.22 b	14.01 bc
EY43+Tuz	15.47 b	14.17 b	16.04 a	14.65 b
A.Ö.F.	1.004***	1.139***	1.079***	1.344***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılmış toprakta 1. yıl verileri incelendiğinde bütün bakteri uygulamalarının gövde çapını artırdığı tespit edilmiştir. En yüksek artış yalnız tuz uygulaması bulunan bitkilere göre EY43 (16.04 mm) bakteri uygulaması yapılan bitkilerden elde edilmiştir. En yüksek gövde çapı 16.18 mm ile kontrol bitkilerinden,en düşük gövde çapı ise11.59 mm ile yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilerden elde edilmiştir. 2. yıl ise kontrol bitkilerinden sonra EY43 ve EY37 bakteri uygulamaları yapılan bitkiler en yüksek gövde çapını vermiştir. En yüksek artış ise %26.7 ile EY43 ırkından (14.65 mm) sağlanmıştır. Bu yılda da en yüksek gövde çapı kontrol (15.87 mm) gurubundan, en düşük gövde çapı ise yalnız tuz uygulaması (11.56 mm) yapılan bitkilerden elde edilmiştir.

4.1.2. Uygulamaların sürgün uzunluklarına etkisi

4.1.2.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların sürgün uzunluğuna etkisi

Elma fidanlarında yapılan tuz ve bakteri uygulamalarının sürgün uzunluğuna etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuş olup, sonuçlar Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış topraktaki fidanların sürgün uzunluğu incelendiğinde 1. yılda en yüksek ortalama sürgün uzunluğu değerleri kontrol (46.67 cm) grubundaki fidanlardan elde edilirken, 35.67 cm sürgün uzunluğu ile EY43 bakteri uygulaması 2. sırada yer almıştır. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda (18.06 cm) ise en düşük ortalama sürgün uzunluğu elde edilmiştir. 2. yıl fidanlardaki ortalama sürgün uzunluğu incelendiğinde 1. yıla göre sürgün uzunluklarında bir azalma görülse de en yüksek ortalama sürgün uzunluğu 42.78 cm ile kontrol grubuna ait bitkilerden elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarından ise yalnız tuzlu topraktaki (11.39 cm) fidanlara göre en yüksek değeri %197.9 artış ile EY43 (33.94 cm) bakteri ırkı vermiş olup, bunu sırasıyla EY37 (29.17 cm), EY30 (25.44 cm) EY2 (23.94 cm), ve EY6 (19.28 cm) bakteri uygulamaları izlemiştir.

Tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da bakteri uygulamalarının tümü fidanların ortalama sürgün uzunluklarında yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlara göre artış sağlamıştır. 1. yıl ortalama sürgün uzunluğu verileri incelendiğinde en yüksek ortalama sürgün uzunluğu 46.67 cm ile kontrol gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir.

En düşük ortalama sürgün uzunluğu yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlarda 24.00 cm ile edilmiştir. Bakteri uygulaması yapılan fidanlarda yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlara göre en yüksek artış %62.3 ile EY43 (39.67 cm) ırkından elde edilmiştir. Bunu sırasıyla EY37 (37.22 cm), EY2(33.22 cm), EY6(32.00 cm), EY30(29.33 cm) bakteri ırkları izlemiştir. 2. yıl ise yine aynı şekilde en düşük ortalama sürgün uzunluğu yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlardan (24.28 cm), en yüksek ortalama sürgün uzunluğu ise kontrol (42.78 cm) bitkilerinden elde edilmiştir. Bu yıl bakteri uygulamalarından yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlara göre en fazla artış %46.9 ile EY37 (35.67 cm) bakteri ırkından elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının sürgün uzunluklarına (cm) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	46.67 a	42.78 a	46.67 a	42.78 a
Tuz	18.06 f	11.39 f	24.00 f	24.28 f
EY2+Tuz	32.78 c	23.94 d	33.22 d	26.89 e
EY6+Tuz	27.44 d	19.28 e	32.00 d	28.61 d
EY30+Tuz	25.00 e	25.44 d	29.33 e	29.39 d
EY37+Tuz	31.44 c	29.17 c	37.22 c	35.67 b
EY43+Tuz	35.67 b	33.94 b	39.67 b	34.33 c
A.Ö.F.	2.53^{***}	3.04^{***}	1.73^{***}	1.64^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.2.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların sürgün uzunluğuna etkisi

Uygulamaların kiraz fidanlarında sürgün uzunluğuna etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4.)..

Tuzlandırılmış toprakta her iki yılda da bakteri uygulamalarının tümü fidanların sürgün uzunluklarında yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre artış sağlamıştır. 1. yıl sürgün uzunluğu verileri incelendiğinde en yüksek ortalama sürgün uzunluğu 56.33 cm ile kontrol gurubundaki fidanlardan, en düşük ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda (27.03 cm) meydana gelmiştir. Bakteri uygulaması yapılan fidanlarda en yüksek artış %41.6 ile EY43 (43.80 cm) ırkından elde edilmiştir. Bunu sırasıyla EY37, EY2, EY6, EY30 ırkları izlemiştir. 2. yıl ise yine aynı şekilde en düşük ortalama sürgün uzunluğu yalnız tuzlu

topraktaki fidanlardan (23.94 cm), en yüksek ise kontrol bitkilerinden (48.56 cm) elde edilmiştir. Yine 2. yılda da bakteri uygulamalarından yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla artış %72.6 ile EY43 (41.33 cm) ırkından elde edilmiştir.

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanların sürgün uzunluğu incelendiğinde ise 1. yılda en yüksek ortalama sürgün uzunluğu değerleri kontrol (56.33 cm) ve EY43 (56.20 cm) bakteri uygulaması yapılan fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlarda (32.89 cm) ise en düşük ortalama sürgün uzunluğu elde edilmiştir. 2. yıl ortalama sürgün uzunluklarında 1. yıla göre bir azalma görülse de en yüksek ortalama sürgün uzunluğu 48.56 cm ile kontrol grubuna ait bitkilerden elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarından ise yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki bitkilere göre en yüksek değeri %65.3 artış ile EY43 (45.78 cm) bakteri ırkı vermiş olup, bunu sırasıyla EY37 (43.78 cm), EY2 (40.00 cm), EY30 (38.22 cm) ve EY6 (35.80 cm) uygulamaları izlemiştir.

Çizelge 4.4. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının sürgün uzunluklarına (cm) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	56.33 a	48.56 a	56.33 a	48.56 a
Tuz	27.03 f	23.94 f	32.89 d	27.70 g
EY2+Tuz	37.53 d	34.39 d	42.83 b	40.00 d
EY6+Tuz	35.83 e	33.50 d	37.30 c	35.80 f
EY30+Tuz	35.73 e	26.67 e	41.33 bc	38.22 e
EY37+Tuz	40.83 c	37.28 c	45.83 b	43.78 c
EY43+Tuz	43.80 b	41.33 b	56.20 a	45.78 b
A.Ö.F.	2.107^{***}	2.089^{***}	6.099^{***}	1.640^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.3. Uygulamaların sürgün çaplarına etkisi

4.1.3.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların sürgün çapına etkisi

Fuji elma çeşidinde yapılan bakteri ve tuz uygulamalarının fidanların sürgün çapına etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılmış toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Tuzlandırılmış topraktaki fidanlarda 1. yıl en yüksek ortalama sürgün çapı kontrol grubundaki fidanlardan (6.54 mm) elde edilirken, 5.17 mm ile EY43 uygulaması 2.

sırada yer almıştır. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda (2.38 mm) ise en düşük ortalama sürgün çapı elde edilmiştir. 2. yıl ise yine en yüksek ortalama sürgün çapı 5.41 mm ile kontrol grubuna ait bitkilerden elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarından ise yalnız tuzlu topraktaki (2.18 mm) fidanlara göre en yüksek değeri %124.3 artış ile EY43 (4.89 mm) bakteri ırkı vermiştir.

Çizelge 4.5. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının sürgün çapına (mm) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	6.54 a	5.41 a	6.54 a	5.41 a
Tuz	2.38 d	2.18 d	2.86 e	2.35 c
EY2+Tuz	3.29 c	3.23 c	4.33 cd	4.17 b
EY6+Tuz	3.65 c	3.58 c	4.18 d	3.88 b
EY30+Tuz	3.57 c	3.55 c	5.00 bc	4.03 b
EY37+Tuz	3.46 c	3.21 c	4.97 bc	4.47 b
EY43+Tuz	5.17 b	4.89 b	5.40 b	5.20 a
A.Ö.F.	0.61^{***}	0.71^{***}	1.01^{***}	0.79^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da bakteri uygulamalarının tümünde fidanların ortalama sürgün çaplarına olumlu etkileri tespit edilmiştir. 1. yıl en yüksek ortalama sürgün çapı 6.54 mm ile kontrol gurubundaki fidanlardan, en düşük ise yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlardan 2.86 mm ile edilmiştir. Bakteri uygulaması yapılan fidanlarda yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlara göre en yüksek artışlar %88.8 ile EY43 (5.40 mm) ve %74.8 ile EY30 (5.00 mm) bakteri ırklarından elde edilmiştir. 2. yıl ise yine aynı şekilde en düşük ortalama sürgün çapı yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlarda (2.35 mm), en yüksek ise kontrol bitkilerinde (5.41 mm) meydana gelmiştir. Bu yıl bakteri uygulamalarından yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlara göre en fazla artış %121.3 ile EY43 (5.20 mm) bakteri ırkından elde edilmiştir.

4.1.3.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların sürgün çapına etkisi

0900 Ziraat kiraz çeşidinde yapılan uygulamaların fidanların sürgün çapına etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılmış toprakta

istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların sürgün çapına etkisine ait sonuçlar Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta yapılan bakteri uygulamalarının sürgün çapına etkileri incelendiğinde 1. yılda yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en yüksek EY43 bakteri ırkı %87.5 artış sağlarken, EY2 bakteri ırkı %79.9 ve EY37 bakteri ırkı %77.2 artış sağlamıştır. En yüksek ortalama sürgün çapı kontrol bitkilerinden (6.50 mm), en düşük ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan (2.89 mm) elde edilmiştir. 2. yıl ortalama sürgün çaplarında yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en yüksek artışı %36.0 ile EY43 bakteri ırkı sağlamıştır. Kontrol grubundaki fidanların sürgün çapları 7.27 mm ile diğer uygulamalara göre en yüksek değeri vermiştir.

Çizelge 4.6. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının sürgün çapına (mm) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	6.50 a	7.27 a	6.50 a	7.27 a
Tuz	2.89 e	3.83 e	3.60 e	4.20 f
EY2+Tuz	5.20 b	5.07 b	5.44 bc	6.16 c
EY6+Tuz	4.34 d	4.32 d	4.73 d	5.14 e
EY30+Tuz	4.48 cd	4.65 c	5.20 c	5.57 d
EY37+Tuz	5.12 bc	4.75 c	5.38 c	6.02 c
EY43+Tuz	5.42 b	5.21 b	5.87 b	6.72 b
A.Ö.F.	0.334***	0.926***	0.623***	0.433***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara yapılan bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisinde 1. yıl verilerine göre EY43 (5.87 mm) ve EY2 (5.44 mm) bakteri ırkları ön plana çıkmış olup, yalnız tuz uygulaması yapılan fidanların ortalama sürgün çapına göre en yüksek artış %63.1 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. En yüksek sürgün çapı kontrol grubundaki fidanlarda (6.50 mm), en düşük de yalnız tuz uygulaması (3.60 mm) yapılan fidanlarda meydana gelmiştir.. 2. yıl ortalama sürgün çapları incelendiğinde EY43 (6.72 mm), EY2 (6.16 mm) ve EY37 (6.02 mm) bakteri ırkları ön plana çıkmıştır. Fakat EY43 bakteri ırkı, kontrol gurubundaki fidanların ortalama sürgün çaplarına en yakın değeri vermiş olup, yalnız tuz uygulamasındaki fidanlara göre %60.0 artış sağlamıştır.

4.1.4. Uygulamaların yaprak alanlarına etkisi

4.1.4.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların yaprak alanına etkisi

Uygulamaların fidanlarda yaprak alanına etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılmış toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuş olup, sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış topraktaki fidanların yaprak alanına bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde 1. yıl en yüksek değer kontrol gurubundaki fidanlardan (19.93 cm^2) elde edilmiş olup, buna en yakın değeri 17.09 cm^2 ile EY43 bakteri ırkı vermiştir. EY37 ve EY2 bakteri uygulamaları da sırasıyla 16.63 cm^2 ve 15.62 cm^2 ile yaprak alanında yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre yüksek değeri vermiştir. En düşük yaprak alanı değeri ise yalnız tuzlu topraktaki (12.78 cm^2) fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl ise yine en yüksek yaprak alanı kontrol (18.70 cm^2) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. EY43 ve EY2 bakteri uygulaması yapılan fidanlar sırasıyla 16.15 cm^2 ve 15.57 cm^2 ile kontrol grubuna en yakın yaprak alanı değerlerini vermiştir. En düşük yaprak alanı değeri ise 12.10 cm^2 ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının yaprak alanına (cm^2) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	19.93 a	18.70 a	19.93 a	18.70 a
Tuz	12.78 e	12.10 f	14.73 e	13.80 e
EY2+Tuz	15.62 c	15.57 bc	17.19 cd	17.65 b
EY6+Tuz	13.61 de	13.62 e	16.64 d	16.30 d
EY30+Tuz	14.44 d	14.83 d	16.80 d	16.86 c
EY37+Tuz	16.63 b	15.32 cd	17.75 c	17.47 b
EY43+Tuz	17.09 b	16.15 b	18.42 b	17.70 b
A.Ö.F.	1.18^{***}	0.86^{***}	0.82^{***}	0.77^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta 1. yıl bakteri uygulamalarının yaprak alanına etkisi incelendiğinde kontrol gurubuna ait fidanlar (19.93 cm^2) en yüksek değeri vermiştir. Ancak yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre bütün bakteri uygulamaları ile yaprak alanında artış sağlanmıştır. En fazla artış ise %25.1 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara ait

yaprak alanı ise 14.73 cm^2 ile en düşük değeri vermiştir. 2. yıl sonuçlarına göre de kontrol gurubundaki fidanlarda en yüksek yaprak alanı tespit edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanların yaprak alanına göre bakteri uygulamalarında en yüksek değer EY43 (17.70 cm^2) bakteri ırkından elde edilirken, bunu 17.65 cm^2 ile EY2 ve 17.47 cm^2 ile EY37 uygulamaları izlemiştir. En düşük yaprak alanı ise yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda (13.80 cm^2) bulunmuştur.

4.1.4.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların yaprak alanına etkisi

Bakteri ve tuz uygulamalarının fidanların yaprak alanına etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılmış toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Tuzlandırılmış toprakta 1. yıl bakteri uygulamalarının yaprak alanına etkisi incelendiğinde kontrol gurubuna (28.80 cm^2) ait fidanlar en yüksek değeri vermiştir. Ancak yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre bütün bakteri uygulamaları ile yaprak alanında artış sağlanmıştır. En fazla artış ise 24.89 cm^2 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara ait yaprak alanı ise 11.75 cm^2 ile en düşük değerde kalmıştır. 2. yıl yine kontrol gurubundaki fidanlarda (27.87 cm^2) en yüksek yaprak alanı bulunmuştur. Yalnız tuzlu topraktaki fidanların yaprak alanına göre bakteri uygulamalarında en fazla artış EY43 (21.84 cm^2) ırkında, en düşük yaprak alanı ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda (10.53 cm^2) bulunmuştur.

Çizelge 4.8. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının yaprak alanına (cm^2) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	28.80 a	27.87 a	28.80 a	27.87 a
Tuz	11.75 f	10.53 d	13.76 e	12.44 f
EY2+Tuz	21.54 c	21.41 b	21.69 c	21.77 d
EY6+Tuz	18.62 e	18.84 c	19.35 d	19.41 e
EY30+Tuz	20.13 cd	19.25 c	19.47 d	23.19 c
EY37+Tuz	19.28 de	19.19 c	21.86 c	24.55 b
EY43+Tuz	24.89 b	21.84 b	23.87 b	27.33 a
A.Ö.F.	1.991^{***}	1.473^{***}	2.194^{***}	1.615^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda 1. yıl en yüksek yaprak alanı kontrol gurubunda (28.80 cm^2) bulunmuş, bunu EY43 (23.87 cm^2) bakteri ırkı izlemiştir. En düşük yaprak alanı değeri ise yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlarda (13.76 cm^2) bulunmuştur. 2. yıl ise en yüksek yaprak alanı kontrol ve EY43 uygulamalarında sırasıyla 27.87 cm^2 ve 27.33 cm^2 olarak bulunmuştur.. En düşük yaprak alanı ise 12.44 cm^2 ile yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlarda belirlenmiştir..

4.1.5. Uygulamaların fotosentez etkinliğine etkisi

4.1.5.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların fotosentez etkinliğine etkisi

Elma fidanlarında fotosentez etkinliğine bakteri uygulamalarının etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprak uygulamasında hem de tuz uygulaması yapılan toprak uygulamasında istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının fotosentez etkinliğine etkisi incelendiğinde 1. yıl en yüksek değer kontrol gurubundan elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın değer ise 13.34 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile EY43 bakteri uygulamasında bulunmuştur. En düşük fotosentez etkinliği değeri 4.64 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl değerlerinde ise, yine EY43 bakteri ırkı ön plana çıkmıştır. Kontrol grubunda 18.24 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ve EY43 bakteri ırkında 15.14 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ fotosentez etkinliği değerleri elde edilmiştir. En düşük fotosentez etkinliği değeri ise 7.15 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda bulunmuştur.

Tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamaların etkisinde 1. yıl en yüksek fotosentez etkinliği değeri kontrol grubu fidanlarında (15.78 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) bulunmuştur. Kontrol grubuna en yakın değerleri EY43 (14.22 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), EY37 (14.20 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) ve EY30 (14.01 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) bakteri uygulamaları vermiş olup, en fazla artış yalnız tuz uygulamasındaki fidanlarına göre %110.1 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. 2. yıl ise yine EY43, EY37 ve EY30 bakteri uygulamaları ön plana çıkmıştır. Yalnız tuz uygulamasındaki fidanlara göre en fazla artışı %67.9 ile EY43 bakteri ırkı sağlamıştır. En yüksek değer kontrol (18.24 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), en düşük değer ise yalnız tuz uygulamasında (9.68 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) bulunmuştur.

Çizelge 4.9. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının fotosentez etkinliğine (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	15.78 a	18.24 a	15.78 a	18.24 a
Tuz	4.64 f	7.15 g	6.77 d	9.68 f
EY2+Tuz	10.59 d	11.71 e	11.60 c	12.56 e
EY6+Tuz	9.78 e	10.82 f	13.11 b	14.03 d
EY30+Tuz	11.35 d	13.69 c	14.01 b	14.83 cd
EY37+Tuz	10.61 c	12.70 d	14.20 b	15.15 c
EY43+Tuz	13.34 b	15.14 b	14.22 b	16.26 b
A.Ö.F.	0.78^{***}	1.15^{***}	1.50^{***}	1.37^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.5.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların fotosentez etkinliğine etkisi

Kiraz fidanlarının fotosentez etkinliğine bakteri uygulamalarının etkisi her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprak uygulamasında hem de tuz uygulaması yapılan toprak uygulamasında istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının fotosentez etkinliğine etkisi incelendiğinde 1. yıl en yüksek değer kontrol gurubundaki fidanlardan (13.33 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın değerler ise 10.87 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile EY43 ve 10.11 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile EY37 uygulamalarında belirlenmiştir. En düşük fotosentez etkinliği değeri 5.65 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda bulunmuştur. 2. yıl yine EY43 ve EY37 ırkları ön plana çıkmıştır. Kontrol grubunda 13.17 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$, EY43 bakteri ırkında 10.67 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ve EY37 bakteri ırkında 10.58 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ fotosentez etkinliği değerleri elde edilmiştir. En düşük fotosentez etkinliği değeri ise 5.34 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiş olup, buna göre EY43 bakteri ırkı yaklaşık %100 artış sağlamıştır.

Tuz uygulanmış toprakta bakteri uygulamaların etkisinde 1. yıl en yüksek fotosentez etkinliği değeri kontrol grubu fidanlarından elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın değerleri EY37 (12.97 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), EY43 (12.87 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) ve EY2 (10.67 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) bakteri uygulamaları vermiş olup en fazla artış yalnız tuz uygulamasındaki fidanlarına göre %46.2 ile EY37 bakteri ırkından elde edilmiştir. 2. yıl ise yine EY43, EY37 ve EY2 uygulamaları ön plana çıkmıştır. Yalnız tuz

uygulamasındaki fidanlara göre en fazla artışı %48.3 ile EY43 ırkı sağlamıştır. En yüksek değer kontrol (13.17 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$), en düşük değer ise yalnız tuz uygulamasındaki fidanlardan (8.70 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının fotosentez etkinliği (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) üzerine etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	13.33 a	13.17 a	13.33 a	13.17 a
Tuz	5.67 f	5.34 e	8.87 c	8.70 c
EY2+Tuz	8.00 de	8.27 cd	10.67 b	10.40 b
EY6+Tuz	9.03 cd	8.99 c	9.42 bc	9.26 bc
EY30+Tuz	7.47 e	7.44 d	9.83 bc	9.69 bc
EY37+Tuz	10.11 bc	10.58 b	12.97 a	12.79 a
EY43+Tuz	10.87 b	10.67 b	12.87 a	12.90 a
A.Ö.F.	1.911^{***}	1.411^{***}	1.938^{***}	1.852^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.6. Uygulamaların membran geçirgenliğine etkisi

4.1.6.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların membran geçirgenliğine etkisi

Bakteri uygulamaları, tuzlandırılmış topraktaki ve tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanların membran geçirgenliğini her iki yılda tuz kontrolüne göre artırmış ve bu artışlar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11.).

Tuzlandırılmış toprakta membran geçirgenliği değerleri tuz uygulaması yapılan topraktaki değerlere göre her iki yılda da daha yüksek bulunmuştur. 1. yıl EY37 (%16.25) bakteri ırkı kontrol grubuna en yakın değeri vererek ön plana çıkmıştır. En az membran zararlanması kontrol (%14.28) gurubundan, en fazla zararlanma ise yalnız tuzlu topraktaki (%29.49) fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl membran zararlanmalarında da yalnız tuzlu topraktaki (%68.27) değerlere göre bakteri uygulamalarında azalışlar meydana gelmiştir.

Çizelge 4.11. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının membran geçirgenliğine (%) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	14.28 g	21.83 e	14.28 c	21.83 e
Tuz	29.49 a	68.27 a	26.74 a	33.96 a
EY2+Tuz	20.62 c	31.92 c	19.71 b	27.36 bc
EY6+Tuz	24.70 b	29.34 cd	19.25 bc	26.38 cd
EY30+Tuz	19.49 d	35.02 b	16.15 bc	28.21 b
EY37+Tuz	16.25 f	26.37 d	14.78 b	24.85 d
EY43+Tuz	18.26 e	27.50 d	15.93 bc	22.49 e
A.Ö.F.	1.14^{***}	4.28^{***}	6.75^{**}	2.26^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamaları membran geçirgenliğine önemli ölçüde etki etmiştir. Nitekim her iki yılda da yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanların yapraklarında en çok membran zararlanması meydana gelmiş olup, bakteri uygulamaları ile bu zararlanmada azalma görülmüştür. 1. yıl membran geçirgenliği değerlerinde kontrol grubunda en yakın değeri % 14.78 ile EY37 bakteri ırkı vermiştir. En düşük membran geçirgenliği kontrol (%14.28) gurubundan elde edilmiştir. 2. yıl membran zararlanma değerleri 1. yıla göre daha yüksek olmuştur. 2. yılda da kontrol (%21.83) grubuna en yakın değeri EY43 (%22.49) bakteri uygulaması vermiştir. EY37 bakteri uygulamasında ise membran geçirgenliği değeri %24.85 olmuştur. En yüksek membran geçirgenliği değeri %33.96 ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanların yapraklarından elde edilmiştir.

4.1.6.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların membran geçirgenliğine etkisi

Uygulamaların, kiraz fidanlarında membran geçirgenliğine etkileri her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.12.).

Tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamaları membran geçirgenliğine önemli ölçüde etki etmiştir. Nitekim her iki yılda da yalnız tuzlu topraktaki fidanların yapraklarında en çok membran zararlanması meydana gelmiş olup bakteri uygulamaları ile bu zararlanmada azalma görülmüştür. 1. yıl membran geçirgenliği değerlerinde kontrol grubunda en yakın değeri % 25.82 ile EY43 bakteri ırkı vermiştir. Bunu sırasıyla

EY37 (%30.52), EY2 (%32.79), EY30 (%38.22), EY6 (%43.83) bakteri uygulamaları izlemiştir. En düşük membran geçirgenliği kontrol (%18.85) gurubundan elde edilmiştir. 2. yıl membran zararlanma değerleri 1. yıla göre daha düşük olmuştur. 2. yılda da kontrol (%16.27) grubuna en yakın değeri EY43 (%20.39) bakteri uygulaması vermiştir. EY37 bakteri uygulamasında da membran geçirgenliği değeri %23.25 olmuştur. En yüksek membran geçirgenliği değeri %44.80 ile yalnız tuzlu topraktaki fidanların yapraklarından elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının membran geçirgenliğine (%) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	18.85 g	16.27 g	18.85 e	16.27 f
Tuz	66.44 a	44.80 a	34.61 a	29.29 a
EY2+Tuz	32.79 d	26.91 d	23.69 cd	21.69 c
EY6+Tuz	43.83 b	40.81 b	28.15 b	24.77 b
EY30+Tuz	38.22 c	33.51 c	25.90 bc	22.91 c
EY37+Tuz	30.52 e	23.25 e	21.75 de	20.27 d
EY43+Tuz	25.82 f	20.39 f	19.51 e	17.72 e
A.Ö.F.	3.152^{***}	2.641^{***}	4.061^{***}	1.816^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta membran geçirgenliği değerleri tuzlandırılmış topraktaki değerlere göre her iki yılda da daha düşük olmuştur. 1. yıl bakteri EY43 ırkı kontrol grubuna en yakın değeri vererek ön plana çıkmıştır. En az membran zararlanması kontrol gurubunda, en fazla zararlanma ise yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlarda bulunmuştur. 2. yıl membran zararlanmalarında da yalnız tuz uygulamasındaki değerlere göre bakteri uygulamalarında azalışlar meydana gelmiştir. Ancak en düşük membran zararlanması kontrol grubundan elde edilmiştir. Kontrole en yakın değer EY43 bakteri uygulamasından bulunmuştur.

4.1.7. Uygulamaların yaprak nispi su içeriğine etkisi

4.1.7.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların yaprak oransal su içeriğine etkisi

Uygulamaların elma fidanlarında yaprak oransal su içeriği üzerine etkileri tuzlandırılmış toprak ve tuz uygulaması yapılan toprak uygulamalarında her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuş olup sonuçlar Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta yaprak oransal su içerikleri 1. yıl kontrol gurubundaki fidanlarda %23.33 iken, EY43 bakteri uygulamasında %20.87'e düşmüştür. En düşük YOSİ değeri ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda bulunmuştur. 2. yıl YOSİ değerleri 1. yıla göre yüksek çıkmıştır. Nitekim kontrol grubunda YOSİ %30.18 iken EY43 bakteri ırkında %24.62, EY37'de %20.71 ve EY30'da %18.03 olarak tespit edilmiştir. En düşük yaprak oransal su içeriği ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının yaprak oransal su içeriğine (%) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	23.33 a	30.18 a	23.33 a	30.18 a
Tuz	11.06 e	11.99 f	12.86 e	13.80 g
EY2+Tuz	15.14 c	17.55 d	18.35 c	18.80 e
EY6+Tuz	14.54 d	15.34 e	15.73 d	15.96 f
EY30+Tuz	15.13 c	18.03 d	17.17 c	21.16 d
EY37+Tuz	17.03 c	20.71 c	20.40 b	23.46 c
EY43+Tuz	20.87 b	24.62 b	21.10 b	26.74 b
A.Ö.F.	1.39^{***}	1.22^{***}	1.68^{***}	2.45^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta yaprak oransal su içerikleri her iki yılda da tuzlandırılmış topraktaki değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Nitekim 1. yıl yaprak oransal su içeriği kontrol gurubundaki fidanlarda %23.33 ile ilk sırada yer alırken, bunu % 21.10 ile EY43 ve % 20.40 ile EY37 bakteri uygulamaları izlemiştir. En düşük YOSİ değeri ise % 12.86 ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl ise yine en yüksek yaprak oransal su içeriği kontrol gurubundaki bitkilerden elde edilmiş olup buna en yakın değerler EY43 bakteri uygulamasından elde

edilmiştir. En düşük YOSİ yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

4.1.7.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların yaprak oransal su içeriğine etkisi

Bakteri uygulamaları kiraz fidanlarında iki yılda da yaprak oransal su içeriğini kontrole göre önemli ölçüde azaltmıştır (Çizelge 4.14).

Tuzlandırılmış topraktaki fidanların yaprak oransal su içerikleri incelendiğinde 1. yıl en yüksek su içeriği % 21.89 ile kontrol grubunda, en düşük ise %0.47 ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. Kontrol grubundaki fidanlara en yakın değer ise % 17.97 ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. EY37 bakteri uygulamasında yaprak oransal su içeriği ise % 16.62 olarak bulunmuştur. 2. yıl ise yine en yüksek yaprak oransal su içeriği kontrol (%27.44) gurubundaki bitkilerden elde edilmiş olup buna en yakın değerler EY43 (%21.19) ve EY37 (%19.38) bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük yaprak oransal su içeriği yalnız tuzlu topraktaki (%11.11) fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.14. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının yaprak oransal su içeriğine (%) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	21.89 a	27.44 a	21.89 a	27.44 a
Tuz	10.47 d	11.11 e	11.31 e	12.72 f
EY2+Tuz	13.81 c	17.30 c	17.31 c	20.27 cd
EY6+Tuz	12.65 cd	13.20 de	12.97 de	15.94 e
EY30+Tuz	12.86 cd	14.99 d	14.17 d	18.64 d
EY37+Tuz	16.62 b	19.38 bc	18.64 bc	21.83 bc
EY43+Tuz	17.97 b	21.19 b	20.04 ab	23.23 b
A.Ö.F.	3.250^{***}	2.969^{***}	2.673^{***}	3.309^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta yaprak oransal su içerikleri tuzlandırılmış topraktaki değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Nitekim 1. yıl yaprak oransal su içeriği kontrol gurubundaki fidanlarda % 21.89 iken, EY43 uygulamasında % 20.04 olarak bulunmuştur. Bunu EY37 (%18.64), EY2 (%17.31), EY30 (%14.17), EY6 (%12.97) uygulamaları izlemiştir. 2. yıl ise bakteri uygulamaları, kontrol grubundaki fidanların

yaprak oransal su içeriklerine daha yakın değerler vermiştir. Nitekim kontrol grubunda yaprak oransal su içeriği %27.44 iken EY43 bakteri ırkında %23.23, EY37'de %21.83 ve EY2'de %20.27 oranı tespit edilmiştir. En düşük yaprak oransal su içeriği ise yalnız tuz uygulaması (%12.72) yapılan fidanlardan elde edilmiştir.

4.1.8. Uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi

4.1.8.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi

Hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Tuzlandırılmış toprakta stoma iletkenliği değerleri tuz uygulaması yapılan topraktaki değerlere göre daha düşük bulunmuştur. 1. yıl stoma iletkenliği değerlerinde kontrol grubu 292.27 mmol/m^2s, EY37 bakteri ırkı 178.33 mmol/m^2s ve EY43 bakteri ırkı 170.87 mmol/m^2s ile en iyi değerleri vermiştir. En düşük değer yalnız tuzlu topraktaki (132.77 mmol/m^2s) fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla artış ise %34.3 ile EY37 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. 2. yıl stoma iletkenliği değerleri 1. yıla göre daha düşük çıkmıştır. En yüksek değer kontrol (258.00 mmol/m^2s) grubundaki bitkilerden elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın stoma iletkenliği değerleri 103.58 mmol/m^2s ile EY37 ve 92.35 mmol/m^2s ile EY43 bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değer yalnız tuzlu topraktaki (53.25 mmol/m^2s) fidanlardan elde edilmiş olup, yalnız tuzlu toprak uygulamasına göre en fazla artış ise %94.5 ile EY37 bakteri ırkından sağlanmıştır.

Tuz uygulaması yapılan toprakta 1. yıl en yüksek stoma iletkenliği kontrol grubu (292.27 mmol/m^2s) bitkilerinden elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın stoma iletkenliği değeri EY43 (259.08 mmol/m^2s) bakteri uygulamasından elde edilmiş olup, yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre ise %57.7 artış sağlamıştır. En düşük stoma iletkenliği değeri ise 164.27 mmol/m^2s ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl stoma iletkenliği değerlerinde ise yine en yüksek değer kontrol (258.00 mmol/m^2s) grubundaki bitkilerden elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın stoma iletkenliği değerleri 209.80 mmol/m^2s ile EY43 ve 205.97 mmol/m^2s ile EY37 bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük stoma iletkenliği

değerini veren yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (144.43 mmol/m^{2}s) fidanlara göre en yüksek artış ise %45.3 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir.

Çizelge 4.15. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının stoma iletkenliğine (mmol/m^{2}s) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	292.27 a	258.00 a	292.27 a	258.00 a
Tuz	132.77 f	53.25 e	164.27 f	144.43 f
EY2+Tuz	144.13 e	73.22 d	226.17 c	190.63 cd
EY6+Tuz	161.83 d	68.95 d	199.40 e	180.87 d
EY30+Tuz	167.07 cd	83.07 cd	216.53 d	162.70 e
EY37+Tuz	178.33 b	103.58 b	224.10 cd	205.97 bc
EY43+Tuz	170.87 bc	92.35 bc	259.08 b	209.80 b
A.Ö.F.	11.94***	21.93***	11.42***	23.90***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.8.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi

Kiraz fidanlarında uygulamaların stoma iletkenliğine etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Tuzlandırılmış toprakta 1. yıl en yüksek stoma iletkenliği değer kontrol grubunda bulunmuştur. Kontrol grubuna en yakın stoma iletkenliği EY43 (395.07 mmol/m^{2}s) bakteri uygulamasından elde edilmiş olup, yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre ise %113.4 artış sağlamıştır. En düşük stoma iletkenliği ise 185.13 mmol/m^{2}s ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl stoma iletkenliği değerleri ise 1. yıla göre daha düşük çıkmış olup, yine en yüksek değer kontrol (204.93 mmol/m^{2}s) grubundaki bitkilerden elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın stoma iletkenliği değerleri 105.67 mmol/m^{2}s ile EY37 ve 99.53 mmol/m^{2}s ile EY43 bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük stoma iletkenliği değerini veren yalnız tuzlu (34.77 mmol/m^{2}s) topraktaki fidanlara göre en yüksek artış ise %203.9 ile EY37 bakteri ırkından elde edilmiştir.

Tuz uygulaması yapılan toprakta stoma iletkenliği değerleri tuzlandırılmış topraktaki değerlere göre daha yüksektir (Çizelge 4.16). 1. yıl stoma iletkenliği değerlerinde kontrol grubu 468.78 mmol/m^{2}s, EY37 bakteri ırkı 451.18 mmol/m^{2}s ve

EY43 bakteri ırkı 449.55 mmol/m^{2}s ile en iyi değerleri vermiştir. En düşük değer yalnız tuz uygulaması (194.37 mmol/m^{2}s) olan gruptaki fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulamasındaki fidanlara göre en fazla artış ise %132.1 ile EY37 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. 2. yıl stoma iletkenliği değerleri 1. yıla göre daha düşük çıkmıştır. En yüksek değer kontrol (204.93 mmol/m^{2}s) grubundaki bitkilerden elde edilmiştir. Kontrol grubuna en yakın stoma iletkenliği değerleri 194.65 mmol/m^{2}s ile EY37 ve 184.93 mmol/m^{2}s ile EY43 bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değer yalnız tuz uygulaması yapılan topraktan elde edilmiş olup yalnız tuz uygulamasına göre en fazla artış ise %84.5 ile EY37 bakteri ırkından sağlanmıştır.

Çizelge 4.16. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının stoma iletkenliğine (mmol/m^{2}s) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	468.78 a	204.93 a	468.78 a	204.93 a
Tuz	185.13 e	34.77 e	194.37 c	105.48 f
EY2+Tuz	326.42 c	60.70 c	372.85 b	167.25 d
EY6+Tuz	270.03 d	41.75 de	342.40 b	116.25 e
EY30+Tuz	317.88 d	47.18 d	371.52 b	115.78 e
EY37+Tuz	340.02 c	105.67 b	451.18 a	194.65 b
EY43+Tuz	395.07 b	99.53 b	449.55 a	184.93 c
A.Ö.F.	64.733***	13.821***	69.762***	9.136***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.9. Uygulamaların bitki kuru ağırlıklarına etkisi

4.1.9.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların bitki kuru ağırlığına etkisi

Elma fidanlarında iki yılda da uygulamalar bitki kuru ağırlığını kontrole göre önemli ölçüde azaltmıştır (Çizelge 4.17).

Tuzlandırılmış topraktaki fidanlarda 1. yıl en yüksek bitki kuru ağırlığı kontrol grubundaki fidanlardan elde edilirken en düşük değer ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına en yakın bitki kuru ağırlığı değeri 83.82 g ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiş olup yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre %87.3 artış sağlamıştır. 2. yıl değerlerinde ise yine en yüksek değer kontrol (93.26 g) grubundan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla artış %97.4 ile

EY43 (65.93 g) bakteri ırkından elde edilmiştir. Bunu sırasıyla EY37 (57.85 g), EY30 (51.03 g), EY2 (46.72 g), ve EY6 (39.90 g), bakteri ırkları izlemiştir. En düşük bitki kuru ağırlığı ise 33.40 g ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.17. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının bitki kuru ağırlığına (g) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	104.66 a	93.29 a	104.66 a	93.29 a
Tuz	44.75 d	33.40 f	50.40 e	45.85 e
EY2+Tuz	77.09 b	46.72 d	81.92 bc	63.48 cd
EY6+Tuz	68.95 c	39.90 e	67.47 d	61.76 d
EY30+Tuz	63.48 c	51.03 d	77.09 cd	56.64 d
EY37+Tuz	69.87 b	57.85 c	87.70 bc	69.05 c
EY43+Tuz	83.82 b	65.93 b	92.82 b	78.07 b
A.Ö.F.	9.50***	8.22***	15.02***	9.83***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da bitki kuru ağırlığı tuzlandırılmış toprağa göre yüksek bulunmuştur. 1. yıl bütün uygulamalar bitki kuru ağırlıklarını kontrole göre azaltmıştır. En fazla azalma tuz uygulamasında belirlenmiş, bakteri uygulamaları ile tuz uygulamasına göre artışlar meydana gelmiştir.Tuz uygulamasına göre göre en fazla artış EY43'de belirlenmiştir. 2. yılda da 1. yıla benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kontrol gurubundaki fidanlar en fazla bitki kuru ağırlığına sahip olmuş, uygulamalar bitki kuru ağırlığını kontrole göre azaltmıştır. En fazla azalma yalnız tuz uygulaması yapılan bitkilerde meydana gelmiştir.

4.1.9.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların bitki kuru ağırlığına etkisi

Hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının fidanların bitki kuru ağırlığına etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta 1. yıl en fazla bitki kuru ağırlığına 166.43 g ile kontrol grubundaki fidanlar sahip olmuştur. Yalnız tuzlu topraktaki (93.86 g) fidanlara göre en fazla bitki kuru ağırlığı EY43 (149.39 g) bakteri uygulamasından elde edilmiştir. 2. yıl

verileri incelendiğinde ise yine kontrol (153.75 g) gurubundaki fidanlar en fazla bitki kuru ağırlığına sahip olmuştur. En az bitki kuru ağırlığı ise yalnız tuzlu topraktaki (64.80 g) fidanlardan elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarında ise EY43 116.38 g, EY37 111.77 g, EY30 106.03 g, EY2 105.94 g ve EY6 bakteri ırkı 99.97 g bitki kuru ağırlığı vermiştir.

Çizelge 4.18. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının bitki kuru ağırlığına (g) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	166.43 a	153.75 a	166.43 a	153.75 a
Tuz	93.86 f	64.80 e	96.21 g	76.77 e
EY2+Tuz	138.04 c	105.94 cd	146.05 c	126.36 b
EY6+Tuz	114.92 e	99.97 d	120.42 f	106.87 d
EY30+Tuz	131.67 d	106.03 cd	136.80 e	121.71 c
EY37+Tuz	139.25 c	111.77 bc	141.47 d	125.56 b
EY43+Tuz	149.39 b	116.38 b	151.65 b	128.10 b
A.Ö.F.	5.268***	12.754***	4.634***	5.233***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta 1. yıl en yüksek kuru ağırlık kontrol grubundaki fidanlardan, en düşük ise yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. Kontrole en yakın bitki kuru ağırlığı EY43 ırkından elde edilmiş olup, bu uygulamada yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre %61.8 artış sağlamıştır. 2. yıl değerlerinde ise yine en yüksek değer kontrol (153.75 g) grubundan elde edilmiştir. Bu yıl bakteri uygulamaları arasında çok büyük farklar gözlenmemiştir. Fakat yine yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre en fazla artış %66.9 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. En düşük bitki kuru ağırlığı ise 76.77 g ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

4.1.10. Uygulamaların kök kuru ağırlıklarına etkisi

4.1.10.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların kök kuru ağırlığına etkisi

Uygulamalar elma fidanlarında kök kuru ağırlığını kontrole göre azaltmış ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.19)..

Tuzlandırılmış toprakta 1. yıl kök kuru ağırlıklarında bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en iyi kök kuru ağırlğı EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En fazla kök kuru ağırlığına ise 77.59 g ile kontrol grubundaki fidanlar sahip olmuştur. 2. yıl verilerine yine kontrol (50.41 g) gurubundaki fidanlar en fazla kök kuru ağırlığına sahip olmuştur. En az kök kuru ağırlığı ise yalnız tuzlu topraktaki (13.06 g) fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla artış ise %185.6 ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.19. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının kök kuru ağırlığına (g) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	77.59 a	50.41 a	77.59 a	50.41 a
Tuz	27.03 f	12.07 f	30.71 e	21.90 d
EY2+Tuz	47.54 c	22.48 d	52.53 cd	32.28 c
EY6+Tuz	35.78 e	18.00 e	49.02 d	29.35 c
EY30+Tuz	38.55 de	24.36 d	42.76 e	31.52 c
EY37+Tuz	44.36 cd	30.10 c	56.39 c	41.10 b
EY43+Tuz	55.27 b	37.30 b	63.24 b	42.00 b
A.Ö.F.	9.68***	4.94***	7.95***	6.18***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda sonuçlara 1. yıl en yüksek değer kontrol (77.59 g) grubundaki fidanlardan elde edilirken en düşük değer ise yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (30.71 g) fidanlardan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına en yakın kök kuru ağırlığı değeri EY43 (63.24 g) bakteri ırkından elde edilmiş olup yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre %105.9 artış sağlamıştır. 2. yıl değerler ilk yıla göre düşük çıkmış olup yine en yüksek değer kontrol (50.41 g) grubundan elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre en fazla artış %91.8 ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. Bunu sırasıyla EY37 (41.10 g), EY2 (32.28 g), EY30 (31.52 g) ve EY6 (29.35 g) bakteri ırkları izlemiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ise 21.90 g ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

4.1.10.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların kök kuru ağırlığına etkisi

Hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının fidanların kök kuru ağırlığına etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış topraktaki fidanlarda kök kuru ağırlıkları sonuçlarına incelendiğinde 1. yıl en yüksek değer kontrol (117.78 g) grubundaki fidanlardan elde edilirken en düşük değer ise yalnız tuzlu topraktaki (38.34 g) fidanlardan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına en yakın kök kuru ağırlığı değeri EY43 (93.26 g) bakteri ırkından sağlanmıştır. 2. yıl değerlerinde ise yine en yüksek değer kontrol (112.81 g) grubundan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla artış %104.5 ile EY43 (55.27 g) bakteri ırkından elde edilmiştir. En düşük kök kuru ağırlığı ise 27.03 g ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.20. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidindee bakteri uygulamalarının kök kuru ağırlığına (g) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	117.78 a	112.81 a	117.78 a	112.81 a
Tuz	38.34 f	27.03 e	57.10 g	45.36 g
EY2+Tuz	85.72 c	47.54 c	98.93 c	85.05 c
EY6+Tuz	56.32 e	35.78 d	71.99 f	64.88 f
EY30+Tuz	58.87 e	38.55 d	80.38 e	68.13 e
EY37+Tuz	74.10 d	44.36 c	89.38 d	76.80 d
EY43+Tuz	93.26 b	55.27 b	108.17 b	104.87 b
A.Ö.F.	4.453***	7.812***	4.592***	4.329***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da kök kuru ağırlığı değerleri tuzlandırılmış topraktaki değerlere göre daha yüksek çıkmıştır. 1. yıl kök kuru ağırlıkları incelendiğinde yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (57.10 g) fidanlara göre en fazla artış %89.4 ile EY43 (108.17 g) bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En fazla kök kuru ağırlığına ise 117.78 g ile kontrol grubundaki fidanlar sahip olmuştur. 2. yıl verilerinde ise yine kontrol (112.81 g) gurubundaki fidanlar en fazla kök kuru ağırlığına sahip olmuştur. En az kök kuru ağırlığı ise yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki

(45.36g) fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre en fazla artış ise %131.2 ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir.

4.1.11. Uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi

4.1.11.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi

Elma fidanlarından alınan yaprak örnekleriyle yapılan katalaz aktivitesi analiz sonuçlarına göre bakteri uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21.).

Tuzlandırılmış toprakta bu sonuçlara göre ilk yıl kontrol grubu 69.27 EU/g bitki yaprak ile en düşük katalaz aktivitesini verirken, EY37 bakteri uygulaması 112.20 EU/g yaprak ile en yüksek değeri vermiştir. İkinci yıl sonuçları ilk yıla göre daha yüksek çıkmasına rağmen yine EY37 (211.14 EU/g yaprak) ve EY43 (192.71 EU/g yaprak) bakteri uygulamaları en iyi katalaz aktivitesi sonuçlarını vermiştir. En düşük katalaz aktivitesi yine kontrol (117.68 EU/g yaprak) grubundan elde edilirken tuzlu topraktaki fidanlardan 127.31 EU/g yaprak değeri elde edilmiştir. Tuzlu topraktaki fidanların katalaz aktivitesine göre ise EY37 bakteri ırkı %65.8 artış sağlamıştır.

Çizelge 4.21. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının katalaz aktivitesine (EU/g yaprak) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	69.27 f	117.68 f	69.27 f	117.68 e
Tuz	87.78 e	127.31 f	82.46 e	135.62 d
EY2+Tuz	90.44 d	168.09 c	86.45 c	155.06 c
EY6+Tuz	98.42 b	137.25 e	84.00 d	136.19 d
EY30+Tuz	93.10 c	153.92 d	102.20 a	194.18 a
EY37+Tuz	112.20 a	211.14 a	89.11 b	166.40 b
EY43+Tuz	99.19 b	192.71 b	86.45 c	163.55 b
A.Ö.F.	2.96^{***}	13.86^{*}	2.48^{***}	8.25^{**}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta sonuçlar değerlendirildiğinde her iki yılda da bakteri uygulamalarından EY30 bakteri ırkı ön plana çıkmıştır. İlk yıl EY30 bakteri ırkı

102.20 EU/g yaprak ile en yüksek katalaz aktivitesi değerini vermiştir. Yine EY37 bakteri uygulaması 89.11 EU/g yaprak değeri ile EY30 bakteri ırkından sonra 2. sırada yer almıştır. En düşük değer kontrol (69.27 EU/g yaprak) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. İkinci yıl sonuçlarında ise yine EY30 bakteri uygulaması 194.18 EU/g yaprak değeri ile en yüksek katalaz aktivitesi değerini verirken en düşük değer kontrol (117.68 EU/g yaprak) gurubundan elde edilmiştir. EY37 bakteri uygulaması ise 166.40 EU/g yaprak değeri ile 2. sırada yer almıştır. Yalnız tuz uygulaması yapılan (135.62 EU/g yaprak) topraktaki fidanlara göre ise EY30 bakteri ırkı katalaz aktivitesinde %43.2 artış sağlamıştır.

4.1.11.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların katalaz aktivitesine etkisi

Kiraz fidanlarında her iki yılda da hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta verilerin istatistiki olarak analizi sonucunda yapılan bakteri uygulamalarının katalaz enzim aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuş olup Çizelge 4. 22.'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta katalaz enzim aktivitesi incelendiğinde her iki yılda da EY37 ve EY43 bakteri uygulamaları ön plana çıkmıştır. İlk yıl en düşük katalaz enzim aktivitesi 69.27 EU/g bitki yaprak ile kontrol gurubundan elde edilmiştir. EY37 bakteri uygulaması 112.20 EU/g bitki yaprak ve EY43 bakteri uygulaması 99.19 EU/g yaprak ile en iyi enzim aktivitelerine sahip olmuştur. 2. yıl enzim aktivitesinde EY37 bakteri uygulaması 211.14 EU/g yaprak ile en yüksek aktiviteye sahip olurken EY43 bakteri uygulaması 192.71 EU/g yaprak ile 2. sırada yer almıştır. Yalnız tuzlu topraktaki (127.31 EU/g yaprak) fidanlara göre EY37 bakteri uygulaması %65.8 artış sağlamıştır. En düşük enzim aktivitesi ise yine 117.68 EU/g yaprak ile kontrol gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir.

Tuz uygulaması yapılan toprakta ilk yıl enzim aktivitesinde en iyi sonuç 102.20 EU/g yaprak ile EY30 bakteri uygulamasında bulunmuştur. EY37 bakteri uygulaması 89.11 EU/g yaprak enzim aktivitesi gösterirken kontrol gurubu 69.27 EU/g yaprak ile en düşük değeri vermiştir. İkinci yıl yine en düşük enzim aktivitesini kontrol (117.68 EU/g yaprak) gurubundaki fidanlar vermiştir. EY30 bakteri uygulaması 194.18 EU/g yaprak değeri ile yalnız tuz uygulaması yapılan (135.62 EU/g yaprak) topraktaki fidanlara göre %43.2 artış sağlamıştır.

Çizelge 4.22. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının katalaz aktivitesine (EU/g yaprak) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	84.27 e	153.91 e	84.27 e	153.91 e
Tuz	98.47 d	163.54 d	88.78 d	168.03 d
EY2+Tuz	102.20 c	179.14 c	95.76 b	233.88 a
EY6+Tuz	109.06 b	168.61 d	93.10 bc	195.17 c
EY30+Tuz	100.32 cd	192.65 b	95.76 b	189.62 c
EY37+Tuz	103.74 cd	218.76 a	100.32 a	184.71 c
EY43+Tuz	117.23 a	198.15 b	90.44 cd	216.12 b
A.Ö.F.	5.69***	11.95*	4.29***	17.21***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.12. Uygulamaların peroksidaz aktivitesine etkisi

4.1.12.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların peroksidaz aktivitesine etkisi

Her iki yılda da yapılan analiz sonuçlarına göre tüm bakteri uygulamaları peroksidaz enzim aktivitesinde artış sağlamış olup ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.23.).

Tuzlandırılmış toprakta peroksidaz enzim aktivitesi verileri incelendiğinde her iki yılda da EY43 bakteri uygulamasının ön plana çıktığı görülmektedir. İlk yıl EY43 bakteri uygulaması 562.98 EU/g yaprak değeri ile en yüksek peroksidaz aktivitesi değerini verirken, EY2 bakteri uygulaması 555.84 EU/g yaprak değeri ile 2. sırada yer almıştır. 2. yıl ise en iyi peroksidaz aktivitesi değeri 854.27 EU/g yaprak ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer ise 410.51 EU/g yaprak ile kontrol grubundan elde edilmiştir.

Tuz uygulaması yapılan toprakta ise ilk yıl peroksidaz aktivitesi değerleri incelendiğinde en yüksek enzim aktivitesine sahip uygulama 516.88 EU/g yaprak ile EY43 bakteri uygulaması olmuştur. En düşük enzim aktivitesi ise kontrol (285.00 EU/g yaprak) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl ise sonuçlarında ise EY43 bakteri uygulaması 649.14 EU/g yaprak değeri ile en yüksek aktiviteye sahip olurken, en düşük aktivite 410.51 EU/g yaprak ile kontrol gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. EY30 bakteri uygulaması ise 538.82 EU/g yaprak değeri ile 2. sırada yer almıştır

Çizelge 4.23 M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının peroksidaz aktivitesine (EU/g yaprak) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	285.00 g	410.51 e	285.00 g	410.51 c
Tuz	496.80 f	494.36 d	462.24 f	452.89 c
EY2+Tuz	555.84 b	507.96 d	478.08 c	511.87 b
EY6+Tuz	506.88 e	550.99 cd	466.56 e	497.63 b
EY30+Tuz	521.28 d	627.77 bc	475.20 d	538.82 b
EY37+Tuz	547.20 c	690.25 b	492.48 b	522.35 b
EY43+Tuz	562.98 a	854.27 a	516.88 a	649.14 a
A.Ö.F.	8.68***	114.34***	3.37***	62.04***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.12.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların peroksidaz aktivitesine etkisi

Kiraz fidanlarından alınan yaprak örnekleriyle yapılan peroksidaz aktivitesi analiz sonuçlarına göre bakteri uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuş olup veriler Çizelge 4.24.' de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta ilk yıl kontrol grubu 333.89 EU/g yaprak ile en düşük peroksidaz aktivitesini verirken, EY43 bakteri uygulaması 489.60 EU/g yaprak ile en yüksek değeri vermiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanların peroksidaz aktivitesi ise 414.72 EU/g yaprak olarak bulunmuştur. İkinci yıl sonuçlarına göre EY43 (869.28 EU/g yaprak) ve EY2 (773.17 EU/g yaprak) bakteri uygulamaları en iyi peroksidaz aktivitesi sonuçlarını vermiştir. En düşük peroksidaz aktivitesi yine kontrol (460.03 EU/g yaprak) grubundan elde edilirken tuzlu topraktaki fidanlardan 594.08 EU/g yaprak değeri elde edilmiştir.

Tuz uygulaması yapılan toprakta sonuçlar değerlendirildiğinde her iki yılda da bakteri uygulamalarından EY37 ve EY43 bakteri ırkları ön plana çıkmıştır. İlk yıl EY37 bakteri ırkı 377.28 EU/g yaprak ile en yüksek peroksidaz aktivitesi değerini vermiştir. En düşük peroksidaz aktivitesi kontrol (333.89 EU/g yaprak) gurubundaki fidanlarda bulunmuştur. Yalnız tuz uygulaması (343.51 EU/g yaprak) yapılan topraktaki fidanlara göre EY37 bakteri ırkı peroksidaz aktivitesinde %9.8 artış sağlamıştır. İkinci yıl sonuçlarında ise EY43 bakteri uygulaması 774.86 EU/g yaprak değeri ile en yüksek peroksidaz aktivitesi değerini verirken en düşük değer kontrol (460.03 EU/g yaprak)

gurubundan elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (529.21 EU/g yaprak) fidanlara göre ise EY30 bakteri ırkı peroksidaz aktivitesinde %46.4 artış sağlamıştır.

Çizelge 4.24. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının peroksidaz aktivitesine (EU/g yaprak) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	333.89 g	460.03 f	333.89 e	460.03 d
Tuz	414.72 e	594.08 e	343.51 d	529.21 c
EY2+Tuz	394.56 f	773.17 b	370.08 b	557.04 bc
EY6+Tuz	449.28 c	627.92 de	352.80 c	579.99 bc
EY30+Tuz	460.34 b	720.66 bc	351.36 c	603.78 b
EY37+Tuz	425.91 d	666.20 cd	377.28 a	614.24 b
EY43+Tuz	489.60 a	869.28 a	370.99 b	774.86 a
A.Ö.F.	11.48***	95.42***	4.86***	92.93***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.13. Uygulamaların süperoksit dismutaz aktivitesine etkisi

4.1.13.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların süperoksit dismutaz aktivitesine etkisi

Her iki yılda da verilerin istatistiki olarak analizi sonucunda yapılan bakteri uygulamalarının süperoksit dismutaz enzim aktivitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Veriler Çizelge 4. 25.'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta süperoksit dismutaz enzim aktivitesi incelendiğinde her iki yılda da EY43 ve EY37 bakteri uygulamaları ön plana çıkmıştır. İlk yıl en düşük süperoksit dismutaz enzim aktivitesi 1412.00 EU/g yaprak ile kontrol gurubundan elde edilmiştir. EY43 bakteri uygulaması 1789.32 EU/g yaprak ve EY37 bakteri uygulaması 1740.48 EU/g yaprak ile en iyi enzim aktivitelerine sahip olmuştur. 2. yıl enzim aktivitesinde EY37 bakteri uygulaması 3062.40 EU/g yaprak ile en yüksek aktiviteye sahip olurken EY43 bakteri uygulaması 2978.74 EU/g yaprak ile 2. sırada yer almıştır. Yalnız tuzlu topraktaki (1909.24 EU/g yaprak) fidanlara göre EY37 bakteri uygulaması %60.3 artış sağlamıştır. En düşük enzim aktivitesi ise yine 1870.73 EU/g yaprak ile kontrol gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir.

Tuz uygulaması yapılan toprakta ilk yıl enzim aktivitesinde en iyi sonuç 1662.78 EU/g yaprak ile EY2 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. EY6 bakteri uygulaması 1581.75 EU/g yaprak enzim aktivitesi gösterirken kontrol gurubu 1412.00 EU/g yaprak ile en düşük değeri vermiştir. İkinci yıl yine en düşük enzim aktivitesini kontrol (1870.73 EU/g yaprak) gurubundaki fidanlar vermiştir. EY2 bakteri uygulaması 2764.62 EU/g yaprak değeri ile yalnız tuz uygulaması yapılan (2079.02 EU/g yaprak) topraktaki fidanlara göre %33.0 artış sağlamıştır.

Çizelge 4.25. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının süperoksit dismutaz aktivitesine (EU/g yaprak) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	1412.00 g	1870.73 d	1412.00 b	1870.73 d
Tuz	1567.32 f	1909.24 d	1458.90 b	2079.02 c
EY2+Tuz	1636.05 e	2022.67 d	1662.78 a	2764.62 a
EY6+Tuz	1714.95 c	2248.20 c	1581.75 ab	2259.05 b
EY30+Tuz	1690.53 d	2576.31 b	1537.35 ab	2085.22 c
EY37+Tuz	1740.48 b	3062.40 a	1507.38 ab	2114.46 c
EY43+Tuz	1789.32 a	2978.74 a	1567.32 ab	2052.80 c
A.Ö.F.	15.24***	260.04***	247.66***	113.56***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.13.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların süperoksit dismutaz aktivitesine etkisi

Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi üzerine bakteri uygulamaları her iki yılda da olumlu etki yapmıştır ve bu etkiler istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.26.).

Tuzlandırılmış toprakta süperoksit dismutaz enzim aktivitesi verileri incelendiğinde her iki yılda da EY43 bakteri uygulamasının ön plana çıktığı görülmektedir. İlk yıl EY43 bakteri uygulaması 1611.72 EU/g yaprak değeri ile en yüksek süperoksit dismutaz aktivitesi değerini verirken, kontrol gurubundan 1301.27 EU/g yaprak değeri ile en düşük enzim aktivitesi elde edilmiştir. 2. yıl ise en iyi süperoksit dismutaz aktivitesi değeri 3296.46 EU/g yaprak ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. EY30 bakteri uygulaması ise 2780.94 EU/g yaprak ile 2. sırada yer almıştır. En düşük değer ise 2045.18 EU/g yaprak ile kontrol grubundan elde edilmiştir

Tuz uygulaması yapılan toprakta ilk yıl süperoksit dismutaz aktivitesi değerleri incelendiğinde bakteri uygulamalarının birbirine yakın değerler verdiği görülmektedir. Ancak en yüksek enzim aktivitesine sahip uygulama 1470.75 EU/g yaprak ile EY43 bakteri uygulaması olmuş olup yalnız tuz uygulaması (1346.43 EU/g yaprak) yapılan topraktaki fidanlara göre ise %9.2 artış sağlamıştır. En düşük enzim aktivitesi ise kontrol (1301.27 EU/g yaprak) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. 2. yıl ise sonuçlarında ise EY43 bakteri uygulaması 2715.86 EU/g yaprak değeri ile en yüksek aktiviteye sahip olurken, en düşük aktivite 2045.18 EU/g yaprak ile kontrol gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.26. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının süperoksit dismutaz aktivitesine (EU/g yaprak) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	1301.27 d	2045.18 e	1301.27 b	2045.18 f
Tuz	1384.33 d	2283.71 d	1346.43 ab	2176.92 e
EY2+Tuz	1567.32 ab	2471.49 c	1448.55 ab	2337.83 d
EY6+Tuz	1420.14 cd	2527.46 c	1430.33 ab	2363.14 d
EY30+Tuz	1537.32 abc	2780.94 b	1418.58 ab	2463.25 c
EY37+Tuz	1428.93 bcd	2414.75 cd	1384.33 ab	2596.49 b
EY43+Tuz	1611.72 a	3296.46 a	1470.75 a	2715.86 a
A.Ö.F.	189.15***	248.61**	209.31***	118.98***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.14. Uygulamaların lipid peroksidasyon konsantrasyonuna (MDA) etkisi

4.1.14.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların lipid peroksidasyon konsantrasyonuna (MDA) etkisi

Hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta yetiştirilen fidanlardan alınan yaprak örnekleriyle yapılan lipid peroksidasyon analiz sonuçları Çizelge-4.27'da verilmiş olup bakteri uygulamalarının etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Tuzlandırılmış toprakta MDA miktarları incelendiğinde ilk yıl en yüksek MDA içeriği yalnız tuzlu topraktaki (1.430 nmol ml^{-1}) fidanlardan elde edilirken en düşük MDA içeriği kontrol (0.769 nmol ml^{-1}) gurubundan elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarından

kontrol gurubuna en yakın MDA miktarı EY43 (0.859 nmol ml^{-1}) bakteri ırkında bulunmuştur. İkinci yıl ise yine en düşük MDA içeriği kontrol (0.492 nmol ml^{-1}) gurubundan, en yüksek MDA içeriği ise yalnız tuzlu topraktaki (1.488 nmol ml^{-1}) fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre EY43 bakteri uygulaması 0.799 nmol ml^{-1} değeri ile MDA içeriğinde %46.3 azalış sağlamıştır.

Çizelge 4.27. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının MDA miktarına (nmol ml^{-1}) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	0.769 c	0.492 d	0.769 d	0.492 d
Tuz	1.430 a	1.488 a	1.126 a	1.005 a
EY2+Tuz	1.071 b	0.915 c	0.828 cd	0.865 b
EY6+Tuz	1.121 b	1.135 b	1.046 b	0.625 c
EY30+Tuz	0.995 bc	1.257 b	0.894 c	0.829 b
EY37+Tuz	0.933 bc	0.870 c	0.766 d	0.703 c
EY43+Tuz	0.859 bc	0.799 c	0.809 d	0.520 d
A.Ö.F.	0,37**	0,24***	0,10***	0,14***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta 1. yıl MDA içeriklerine bakıldığında en fazla MDA miktarı yalnız tuz uygulaması olan topraktaki (1.126 nmol ml^{-1}) fidanlardan elde edilmiştir. EY37 bakteri uygulaması 0.766 nmol ml^{-1} değeri ile kontrol (0.769 nmol ml^{-1}) gurubundaki fidanlardan sonra en iyi MDA içeriğini vermiştir. İkinci yıl ise yalnız tuz uygulaması olan topraktaki (1.005 nmol ml^{-1}) fidanlara göre en fazla azalış %48.3 ile EY43 (0.520 nmol ml^{-1}) bakteri uygulamasından elde edilmiştir.

4.1.14.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların lipid peroksidasyon konsantrasyonuna (MDA) etkisi

Kiraz fidanlarından alınan yapraklarda yapılan lipid peroksidasyon analizleri sonucunda bakteri uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge-4.28).

Tuzlandırılmış toprakta yapılan analizler sonucunda ilk yıl en iyi MDA içeriği kontrol (0.558 nmol ml^{-1}) gurubundan elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarından yalnız tuzlu topraktaki fidanlara (1.171 nmol ml^{-1}) göre en fazla azalış EY43 (0.694 nmol ml^{-1})

bakteri uygulamasından elde edilmiştir. İkinci yıl ise yalnız tuzlu topraktaki (1.689 nmol ml^{-1}) fidanlara göre %56.2 azalış ile en iyi bakteri uygulaması EY37 (0.740 nmol ml^{-1}) bakteri ırkı olmuştur. Kontrol (0.496 nmol ml^{-1}) gurubundaki fidanlardan ise en düşük MDA içeriği elde edilmiştir.

Çizelge 4.28. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının MDA miktarına (nmol ml^{-1}) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	0.558 c	0.496 d	0.558 f	0.496 d
Tuz	1.171 a	1.689 a	0.960 a	1.580 a
EY2+Tuz	0.793 bc	1.331 b	0.745 cd	0.990 b
EY6+Tuz	0.822 bc	0.867 c	0.711 d	0.751 c
EY30+Tuz	0.934 ab	1.231 b	0.868 b	1.116 b
EY37+Tuz	0.738 bc	0.740 c	0.756 c	0.643 cd
EY43+Tuz	0.694 bc	0.842 c	0.645 e	0.746 c
A.Ö.F.	0,36**	0,30***	0,05***	0,27***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta veriler incelendiğinde tuzlandırılmış topraktaki verilere göre daha düşük MDA içerikleri elde edilmiştir. 1. yıl en yüksek MDA içeriği yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (0.960 nmol ml^{-1}) fidanlardan, en düşük MDA içeriği kontrol (0.558 nmol ml^{-1}) gurubundan elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarından en iyi MDA içeriği 0.645 nmol ml^{-1} ile EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. 2. yıl ise yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre en fazla azalış 0.643 nmol ml^{-1} değeri ile EY37 (0.643 nmol ml^{-1}) bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değer kontrol (0.496 nmol ml^{-1}) gurubundan elde edilirken en fazla MDA içeriği yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (1.580 nmol ml^{-1}) fidanlardan elde edilmiştir.

4.1.15. Uygulamaların hidrojen peroksit konsantrasyonuna (H_2O_2) etkisi

4.1.15.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların hidrojen peroksit konsantrasyonuna (H_2O_2) etkisi

Bakteri uygulamalarının yapraklarda hidrojen peroksit (H_2O_2) konsantrasyonu üzerine etkileri her iki tuz uygulamasında da istatistiki olarak önemli bulunmuş olup H_2O_2 miktarına ait veriler Çizelge-4.29'de verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta yapılan bakteri uygulamaları ile her iki yılda da kontrole göre H_2O_2 miktarları büyük ölçüde azalmıştır. İlk yıl en düşük H_2O_2 içeriği kontrol (9.11 µmolg^{-1} TA) gurubu bitkilerinden elde edilirken, yalnız tuzlu topraktaki fidanlar (35.74 µmolg^{-1} TA) en yüksek H_2O_2 içeriğine sahip olmuştur. H_2O_2 miktarında yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla azalış ise 14.76 µmolg^{-1} TA ile EY37 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. İkinci yıl ise yine kontrol (3.91 µmolg^{-1} TA) gurubu bitkileri en düşük değere sahip olmuştur. H_2O_2 miktarında yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla azalış EY37 (5.48 µmolg^{-1} TA) bakteri uygulamasından elde edilirken, en yüksek H_2O_2 miktarı yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan (25.53 µmolg^{-1} TA) elde edilmiştir.

Çizelge 4.29. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının H_2O_2 miktarına (µmolg^{-1} TA) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	9.11 f	3.91 e	9.11 g	3.91 f
Tuz	35.74 a	25.53 a	35.66 a	19.52 a
EY2+Tuz	18.16 d	11.52 c	13.71 d	9.50 c
EY6+Tuz	27.96 b	19.58 b	22.58 b	16.64 b
EY30+Tuz	21.21 c	11.45 c	16.17 c	9.33 c
EY37+Tuz	14.76 e	5.48 e	10.50 f	5.40 e
EY43+Tuz	16.87 d	7.83 d	12.44 e	6.88 d
A.Ö.F.	2,42***	2,83***	1,73**	1,84***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta da aynı şekilde H_2O_2 miktarları bakteri uygulamaları ile azalmıştır. 1. yıl yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara (35.66 µmolg^{-1} TA) göre en fazla azalış 10.50 µmolg^{-1} TA ile EY37 bakteri ırkından elde edilmiştir. Kontrol (9.11 µmolg^{-1} TA) gurubu bitkiler en düşük H_2O_2 miktarına sahip olmuştur. 2. yıl ise ilk yıldaki gibi H_2O_2 miktarında en fazla azalış EY37 (5.40 µmolg^{-1} TA) bakteri uygulamasında olmuştur. Benzer şekilde kontrol (3.91 µmolg^{-1} TA) gurubu en düşük, yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (19.52 µmolg^{-1} TA) fidanlarda en yüksek H_2O_2 miktarı elde edilmiştir.

4.1.15.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların hidrojen peroksit konsantrasyonuna (H_2O_2) etkisi

Hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan alınan yaprak örneklerindeki H_2O_2 miktarlarına bakteri uygulamalarının etkisi her iki yılda da istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge-4.30.)

Tuzlandırılmış toprakta H_2O_2 miktarları incelendiğinde ilk yıl en yüksek H_2O_2 içeriği yalnız tuzlu topraktaki (18.23 µmolg^{-1} TA) fidanlardan elde edilirken en düşük H_2O_2 içeriği kontrol (3.40 µmolg^{-1} TA) gurubundan elde edilmiştir. Bakteri uygulamaları arasında yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla azalış ise %65.2 ile EY43 (6.34 µmolg^{-1} TA) bakteri uygulamasında olmuştur. İkinci yıl ise yine en düşük H_2O_2 içeriği kontrol (4.14 µmolg^{-1} TA) gurubundan elde edilirken en yüksek H_2O_2 içeriği ise yalnız tuzlu topraktaki (24.06 µmolg^{-1} TA) fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre EY43 bakteri uygulaması 8.05 µmolg^{-1} TA değeri ile H_2O_2 içeriğinde en fazla azalışı sağlamıştır.

Çizelge 4.30. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının H_2O_2 miktarına (µmolg^{-1} TA) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	3.40 e	4.14 f	3.40 f	4.14 f
Tuz	18.23 a	24.06 a	17.89 a	20.99 a
EY2+Tuz	13.00 b	16.30 bc	9.60 c	13.82 b
EY6+Tuz	13.02 b	17.89 b	7.56 d	10.84 c
EY30+Tuz	11.78 b	15.31 c	10.85 b	11.57 c
EY37+Tuz	7.76 c	12.26 d	6.42 de	9.18 d
EY43+Tuz	6.34 d	8.05 e	5.36 e	6.48 e
A.Ö.F.	1,97***	2,67***	1,74***	1,64***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta 1. yıl H_2O_2 içeriklerine bakıldığında en fazla H_2O_2 miktarı yalnız tuz uygulaması olan topraktaki (17.89 µmolg^{-1} TA) fidanlarda bulunmuştur. EY43 bakteri uygulaması 5.36 µmolg^{-1} TA değeri ile kontrol (3.40 µmolg^{-1} TA) gurubundaki fidanlardan sonra en iyi H_2O_2 miktarını vermiştir. İkinci yıl ise yalnız tuz uygulaması olan topraktaki (20.99 µmolg^{-1} TA) fidanlara göre en fazla azalış 6.48

µmolg^{-1} TA ile yine EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En düşük H_2O_2 miktarına ise kontrol (4.14 µmolg^{-1} TA) gurubundaki bitkiler sahip olmuştur.

4.1.16. Uygulamaların çözünebilir protein miktarına etkisi

4.1.16.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların çözünebilir protein miktarına etkisi

Fuji elma çeşidinde yapılan analizler sonucunda, bakteri uygulamalarının prolin miktarı üzerine etkilerinin istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Sonuçlara ait değerler Çizelge 4.31.'da verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta fidanlarda protein miktarları incelendiğinde 1. yıl en yüksek protein miktarı EY43 (32.58 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından elde edilirken, en düşük protein miktarı yalnız tuzlu topraktaki (18.85 µg g^{-1} TA) fidanlardan elde edilmiştir. İkinci yıl ise en düşük protein miktarı yine yalnız tuzlu topraktaki (34.80 µg g^{-1} TA) fidanlarda bulunmuştur. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla artış ise EY43 (77.64 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından %58.6 ile sağlanmıştır.

Çizelge 4.31. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının protein miktarına (µg g^{-1} TA) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	32.12 a	57.24 b	32.12 a	57.24 a
Tuz	18.85 e	34.80 f	17.74 f	31.84 g
EY2+Tuz	23.73 c	47.48 c	23.52 c	35.81 e
EY6+Tuz	21.37 d	44.96 d	19.31 e	33.61 f
EY30+Tuz	21.02 d	41.68 e	21.45 d	38.03 d
EY37+Tuz	29.21 b	48.60 c	21.39 d	46.92 c
EY43+Tuz	32.58 a	77.64 a	30.55 b	50.58 b
A.Ö.F.	3,06***	3,01***	1,11***	2,66***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda elde edilen veriler incelendiğinde ilk yıl protein miktarında en düşük protein miktarı 17.74 µg g^{-1} TA ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki bitkilerden elde edilmiştir. En yüksek protein miktarı kontrol gurubundan 32.12 µg g^{-1} TA ile elde edilirken EY43 bakteri uygulaması 30.55µg g^{-1} TA ile 2. sırada yer almıştır. 2. yıl ise kontrol (57.24 µg g^{-1} TA) gurubunda yine en

fazla protein birikimi olmuştur. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (31.84 µg g^{-1} TA) fidanlara göre en fazla protein miktarındaki artış 50.58 µg g^{-1} TA değeri ile EY43 bakteri uygulamasında %58.9 ile olmuştur.

4.1.16.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların çözünebilir protein miktarına etkisi

Tuzluluk stresine maruz kalan bitkilerde hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da yapılan analizler sonucunda bakteri uygulamalarının protein miktarı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.32.).

Tuzlandırılmış toprakta elde edilen veriler incelendiğinde ilk yıl protein miktarında en düşük değer 20.30 µg g^{-1} TA ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki bitkilerde bulunmuştur. En yüksek prolin miktarı ise 38.24 µg g^{-1} TA ile kontrol gurubu bitkilerinden elde edilirken, bunu 35.86 µg g^{-1} TA ile EY2 bakteri uygulaması izlemiştir. Yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre EY2 bakteri ırkı protein birikiminde %76.7 artış sağlamıştır. 2. yıl ise en fazla protein birikimi EY43 bakteri uygulamasında olmuştur. Yalnız tuzlu topraktaki (18.12 µg g^{-1} TA) fidanlara göre en fazla protein miktarındaki artış %110.3 ile EY43 (38.10 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından sağlanmıştır.

Çizelge 4.32. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının protein miktarına (µg g^{-1} TA) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		**Tuz Uygulaması Yapılan Toprak**	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	38.24 a	36.64 b	38.24 a	36.64 a
Tuz	20.30 f	18.12 g	16.03 e	12.61 e
EY2+Tuz	35.86 b	25.49 e	29.08 c	23.07 d
EY6+Tuz	26.48 e	23.58 f	23.87 d	21.46 d
EY30+Tuz	31.22 d	29.11 d	22.33 d	21.63 d
EY37+Tuz	31.89 d	33.87 c	31.84 b	25.16 c
EY43+Tuz	34.30 c	38.10 a	32.86 b	28.77 b
A.Ö.F.	1,90***	1,53***	2,30***	2,47***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda protein miktarları incelediğinde tuzlandırılmış topraktaki fidanlara göre yakın değerler elde edilmiştir. 1. yıl en yüksek protein miktarı kontrol (38.24 µg g^{-1} TA) gurubundan elde edilirken, en düşük protein miktarı yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (16.03 µg g^{-1} TA) fidanlardan elde edilmiştir. EY43 bakteri uygulaması ise 31.86 µg g^{-1} TA değeri ile 2. sırada yer almıştır. İkinci yıl ise en düşük protein miktarı yine yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (12.61 µg g^{-1} TA) fidanlardan elde edilmiş olup en fazla artış ise EY43 (28.77 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasında %128.2 olarak bulunmuştur. En fazla protein birikimi ise kontrol (36.64 µg g^{-1} TA) gurubu fidanlarından elde edilmiştir.

4.1.17. Uygulamaların prolin miktarına etkisi

4.1.17.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların prolin miktarına etkisi

Hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da yapılan analizler sonucunda bakteri uygulamalarının prolin miktarı üzerine etkileri istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.33.).

Tuzlandırılmış toprakta elde edilen veriler incelendiğinde ilk yıl prolin miktarında en düşük değer 10.79 µg g^{-1} TA ile kontrol gurubundaki bitkilerden elde edilmiştir. En yüksek prolin miktarı 24.11 µg g^{-1} TA ile EY2 bakteri uygulamasından elde edilirken, bunu 21.48 µg g^{-1} TA ile EY43 bakteri uygulaması izlemiştir. 2. yıl ise kontrol (29.95 µg g^{-1} TA) gurubunda yine en az prolin birikimi olmuştur. Yalnız tuzlu topraktaki (38.33 µg g^{-1} TA) fidanlara göre en fazla prolin miktarındaki artış %26.7 ile EY2 (48.56 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından sağlanmıştır.

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda prolin miktarlarına bakıldığında tuzlandırılmış topraktaki fidanlara göre daha düşük değerler elde edilmiştir. 1. yıl en yüksek prolin miktarı EY43 (15.20 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından elde edilirken, en düşük proiln miktarı kontrol (10.79 µg g^{-1} TA) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. EY30 bakteri uygulaması ise 14.89 µg g^{-1} TA değeri ile 2. sırada yer almıştır. İkinci yıl ise en düşük prolin miktarı yine kontrol (29.95 µg g^{-1} TA) gurubundaki fidanlarda bulunmuştur. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (30.81 µg g^{-1} TA) fidanlara göre en fazla artış ise EY30 (45.87 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından %48.9 ile sağlanmıştır.

Çizelge 4.33. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bakteri uygulamalarının prolin miktarına (µg g^{-1} TA) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	10.79 e	29.95 e	10.79 d	29.95 e
Tuz	17.68 d	38.33 d	11.78 cd	30.81 e
EY2+Tuz	24.11 a	48.56 a	12.66 c	37.70 bc
EY6+Tuz	18.02 d	41.42 c	12.34 c	39.79 b
EY30+Tuz	19.16 cd	41.06 c	14.89 b	45.87 a
EY37+Tuz	20.61 bc	41.95 c	12.45 c	33.71 d
EY43+Tuz	21.48 b	45.23 b	15.20 a	36.21 cd
A.Ö.F.	2.48^{***}	1.90^{***}	1.87^{***}	3.56^{***}

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.17.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde uygulamaların prolin miktarına etkisi

0900 Ziraat kiraz çeşidinde yapılan analizler sonucunda, her iki yılda da bakteri uygulamalarının prolin miktarı üzerine etkilerinin istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur. Sonuçlara ait değerler Çizelge 4.34.'da verilmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta fidanlarda prolin miktarlarına bakıldığında 1. yıl en yüksek prolin miktarı EY37 (22.77 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından elde edilirken, en düşük prolin miktarı kontrol (11.85 µg g^{-1} TA) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. İkinci yıl ise en düşük prolin miktarı yine kontrol (30.95 µg g^{-1} TA) gurubundaki fidanlardan elde edilmiştir. Yalnız tuzlu topraktaki (35.63 µg g^{-1} TA) fidanlara göre en fazla artış ise EY30 (48.77 µg g^{-1} TA) bakteri uygulamasından %36.9 ile sağlanmıştır.

Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda elde edilen veriler incelendiğinde ilk yıl prolin miktarında en düşük değer 11.85 µg g^{-1} TA ile kontrol gurubundaki bitkilerinde bulunmuştur. En yüksek prolin miktarı 18.64 µg g^{-1} TA ile EY37 bakteri uygulamasından elde edilirken, bunu 18.20 µg g^{-1} TA ile EY30 bakteri uygulaması izlemiştir. 2. yıl ise kontrol (30.95 µg g^{-1} TA) gurubunda yine en az prolin birikimi olmuştur. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki (33.62 µg g^{-1} TA) fidanlara göre en fazla prolin miktarındaki artış 44.44 µg g^{-1} TA değeri ile EY43 bakteri uygulamasında %32.2 ile olmuştur. EY37 bakteri uygulaması ise 41.61 µg g^{-1} TA prolin miktarı ile 2. sırada yer almıştır.

Çizelge 4.34. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidine bakteri uygulamalarının prolin miktarına (µg g^{-1} TA) etkisi

	Tuzlandırılmış Toprak		Tuz Uygulaması Yapılan Toprak	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	11.85 c	30.95 e	11.85 e	30.95 f
Tuz	17.76 b	35.63 d	13.83 d	33.62 e
EY2+Tuz	18.20 b	37.76 cd	16.67 b	38.89 c
EY6+Tuz	18.19 b	39.90 bc	15.14 c	34.76 e
EY30+Tuz	22.31 a	48.77 a	18.20 ab	36.63 d
EY37+Tuz	22.77 a	42.67 b	18.64 a	41.61 b
EY43+Tuz	18.49 b	42.15 b	17.64 ab	44.44 a
A.Ö.F.	3.37***	3.90***	2.29***	2.58***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.18. Uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi

4.1.18.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi

M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde bitki büyümeyi düzenleyici madde analizlerinde yapılan uygulamaların etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.35. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının bitki büyüneyi düzenleyici madde miktarına (ng/ul) etkisi

	Giberallik asit	Salisilik asit	Absisik asit	İndol asetik asit
Kontrol	217.55 c	64.50 e	0.650 e	5.10 e
Tuz	212.36 e	61.10 g	0.623 f	5.02 f
EY2+Tuz	221.11 b	70.34 c	0.630 f	7.46 a
EY6+Tuz	220.38 b	72.07 b	0.750 c	5.30 c
EY30+Tuz	213.48 d	75.32 a	0.713 d	6.33 b
EY37+Tuz	217.54 c	69.16 d	0.780 b	5.23 d
EY43+Tuz	244.45 a	63.24 f	0.826 a	6.32 b
A.Ö.F.	1.53***	1.41***	0.02***	0.004***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuzlandırılmış toprakta elde edilen veriler incelendiğinde giberellik asitte 244.45 ng/ul ve absisik asitte 0.826 ng/ul ile en yüksek değerler EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En düşük giberellik asit ve absisik asit değerleri ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlarda olmuştur. Yapraklardaki salisilik asit miktarında ise EY30 (75.32 ng/ul)

bakteri ırkı ön plana çıkmıştır. En yüksek indol asetik asit miktarı ise EY2 bakteri uygulamasında 7.46 ng/ul olmuştur. Salisilik asit ve indol asetik asit mikarlarında da en düşük değerler yine yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge 4.36. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamaların bitki büyüneyi düzenleyici madde miktarına (ng/ul) etkisi

	Giberallik asit	**Salisilik asit**	**Absisik asit**	**İndol asetik asit**
Kontrol	217.55 b	62.43 d	0.620 e	5.11 g
Tuz	189.51 f	58.55 f	0.580 f	5.67 f
EY2+Tuz	212.81 c	61.07 e	0.650 d	6.78 a
EY6+Tuz	230.37 a	65.58 b	0.703 b	6.35 b
EY30+Tuz	205.15 d	63.40 c	0.676 c	5.89 d
EY37+Tuz	198.51 e	67.55 a	0.633 e	6.24 c
EY43+Tuz	231.08 a	62.37 d	0.720 a	5.76 e
A.Ö.F.	1.54***	1.20***	0.02***	0.03***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta yapraklardaki bitki büyümeyi düzenleyeci madde miktarları incelendiğinde EY43 bakteri ırkı giberellik asit miktarında 231.08 ve absisik asit miktarında 0.720 ng/ul ile en yüksek değerleri vermiştir. En düşük giberellik asit (189.51 ng/ul) ve absisik asit (0.580 ng/ul) miktarları ise yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlardan elde edilmiştir. Salisilik asit miktarında ise yüksek değer 67.55 ng/ul olarak EY37 bakteri uygulamasında bulunmuştur. Yapılan tüm bakteri uygulamalarına göre en yüksek indol asetik asit miktarı EY2 (6.78 ng/ul) ırkından elde edilmiştir

4.1.18.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi

Fidanlara uygulanan bakteri ırklarının yapraklardaki bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarına etkisi hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Tuzlandırılmış toprakta yapraklardaki giberellik asit miktarında en yüksek değer 230.41 ng/ul ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. Absisik asit miktarında ise en yüksek değer EY37 bakteri uygulamasında 0.773 ng/ul olarak bulunmuştur. EY2 bakteri ırkı hem salisilik asit (73.08 ng/ul) hem de giberellik asit (6.23 ng/ul) miktarlarında diğer bakteri uygulamalarına göre en iyi değerleri vermiştir. Analizleri

yapılan bütün bitki büyümeyi düzenleyici madde miktarlarında en düşük değerler yalnız tuzlu topraktaki fidanların yaprakalarından elde edilmiştir.

Çizelge 4.37. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının bitki büyüneyi düzenleyici madde miktarına (ng/ul) etkisi

	Giberallik asit	**Salisilik asit**	**Absisik asit**	**İndol asetik asit**
Kontrol	222.48 b	61.07 d	0.660 bc	5.45 f
Tuz	190.26 f	60.04 d	0.570 c	5.31 g
EY2+Tuz	201.11 e	73.08 a	0.710 ab	6.23 a
EY6+Tuz	202.11 e	70.48 b	0.670 abc	6.02 c
EY30+Tuz	206.89 d	67.82 c	0.693 ab	6.15 b
EY37+Tuz	215.32 c	68.70 c	0.773 a	5.76 e
EY43+Tuz	230.41 a	70.74 b	0.720 ab	5.79 d
A.Ö.F.	2.10***	1.52***	0.14*	0.02***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta elde edilen veriler incelendiğinde ise giberellik asit miktarında en yüksek değer EY43 bakteri uygulamasında 245.17 ng/ul olarak bulunmuştur. EY37 bakteri ırkı salisilik asit (70.37 ng/ul) ve absisik asit (0.750 ng/ul) miktarında diğer bakteri uygulamalarına göre en iyi değerleri vermiştir. İndol asetik asit miktarında ise EY2 bakteri uygulamasından 6.12 ng/ul ile en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.38. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının bitki büyüneyi düzenleyici madde miktarına (ng/ul) etkisi

	Giberallik asit	**Salisilik asit**	**Absisik asit**	**İndol asetik asit**
Kontrol	221.48 c	60.37 e	0.653 c	5.45 c
Tuz	200.84 f	59.85 e	0.643 c	5.23 e
EY2+Tuz	242.70 b	63.48 d	0.713 b	6.12 a
EY6+Tuz	214.28 d	60.10 e	0.740 a	5.44 c
EY30+Tuz	207.93 e	66.85 b	0.713 b	5.79 b
EY37+Tuz	222.38 c	70.37 a	0.750 a	5.31 d
EY43+Tuz	245.17 a	64.82 c	0.720 b	5.45 c
A.Ö.F.	3.31***	1.53***	0.01***	0.03***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

4.1.19. Uygulamaların besin elementi alımına etkisi

4.1.19.1. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde uygulamaların besin elementi alımına etkisi

Elma fidanlarında tuzlandırılmış toprakta yapılan makro ve mikro besin elementleri analizlerinde her iki yılda da bakteri uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

İlk yıl makro besin elementi içeriklerinde tuz uygulamaları ile yapraklarda azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) içeriklerinde azalma olurken sodyum (Na) içeriğinde artış olmuştur. N ve Ca içeriklerinde yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en iyi değerler sırasıyla %3.18 ve %0.720 ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilirken P içeriğinde en yüksek değer %0.345 ile EY43 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. EY2 bakteri uygulaması K (%2.337) ve Mg (%0.274) içeriklerinde yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en iyi değeri verirken, Na (%0.059) içeriğinde ise en düşük değeri vermiş olup en yüksek değer ise %0.075 ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. İkinci yıl ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en iyi N (%3.12), P (%0.350) ve K (%2.482) içeriği EY43 bakteri uygulamasından ve en iyi Mg (%0.239) içeriği EY37 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. Ca içeriğinde ise en yüksek değer %0.830 ile EY30 bakteri uygulamasından elde edilirken, en düşük değer ise kontrol grubu fidanlarından elde edilmiştir. Na içeriğinde ise en yüksek değer %0.058 ile yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir (Çizelge-4.39.). Elmada besin elementi miktarlarının alt üst değerlerine göre elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapraklardaki N ve K miktarlarının yüksek, P ve Mg miktarlarının normal ve Ca miktarının düşük olduğu belirlenmiştir.

Tuzlandırılmış toprakta mikro besin içerikleri incelendiğinde her iki yılda da en düşük çinko (Zn), demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) değerleri yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan elde edilmiştir. 1. yıl Fe (105.0 mg/kg), Mn (39.0 mg/kg) ve Cu (34.5 mg/kg) ve B (16.3 mg/kg) içeriklerinde en yüksek değerler kontrol gurubundan elde edilirken, Fe içeriğinde 95.6 mg/kg ile EY43 bakteri uygulaması, Mn içeriğinde 38.4 mg/kg ve Cu içeriğinde 28.8 mg/kg ile EY2 bakteri uygulaması yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre iyi değerler vermiştir. İkinci yıl ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre Zn (32.3 mg/kg), Mn (30.3 mg/kg) ve Cu (28.3 mg/kg) içeriklerinde yüksek değerler EY43 bakteri uygulamasından, Fe (85.3 mg/kg) içeriğinde ise EY6 bakteri uygulamasından elde

edilmiştir (Çizelge-4.40.). mikro besin elementlerinde alt ve üst sınırlara göre incelenen bütün besin elementi miktarlarının normal seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge-4.39. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının makro besin elementi alımına etkisi

	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		Na (%)	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	3.50 a	3.28 a	0.313 c	0.227 d	2.149 b	1.744 d	0.698 c	0.555 e	0.255 b	0.198 b	0.074 a	0.056 ab
Tuz	2.64 d	2.29 d	0.259 e	0.247 cd	1.611 f	1.900 d	0.595 f	0.607 de	0.233 e	0.234 a	0.075 a	0.058 a
EY2+Tuz	2.92 c	2.76 b	0.336 b	0.276 b	2.337 a	1.864 d	0.711 b	0.677 cd	0.274 a	0.183 b	0.059 d	0.051 c
EY6+Tuz	2.94 c	2.40 d	0.263 d	0.337 a	1.747 e	2.356 ab	0.635 d	0.712 bc	0.198 f	0.231 a	0.042 e	0.055 abc
EY30+Tuz	3.02 c	2.87 b	0.242 g	0.327 a	1.742 e	2.284 b	0.635 d	0.830 a	0.239 c	0.194 b	0.063 bc	0.053 bc
EY37+Tuz	2.91c	2.57 c	0.249 f	0.270 bc	1.786 d	2.093 c	0.631 e	0.635 d	0.237 d	0.239 a	0.064 b	0.047 d
EY43+Tuz	3.18 b	3.12 a	0.345 a	0.350 a	2.051 c	2.482 a	0.720 a	0.776 ab	0.237 d	0.238 a	0.063 c	0.056 ab
A.Ö.F.	0.19***	0.19***	0.002***	0.019***	0.016***	0.219***	0.002***	0.081***	0.001***	0.019***	0.001***	0.007***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Çizelge-4.40. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının mikro besin elementi alımına etkisi

	Zn (mg kg^{-1})		Fe (mg kg^{-1})		Mn (mg kg^{-1})		Cu (mg kg^{-1})	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	31.4 a	28.5 b	105.0 a	114.2 a	39.0 a	35.0 a	34.5 a	34.2 a
Tuz	19.9 g	15.2 e	76.8 g	67.8 d	29.1 g	20.3 d	22.7 g	20.2 e
EY2+Tuz	29.2 b	18.5 d	89.9 c	82.1 bc	38.4 b	28.4 bc	28.8 b	28.0 bc
EY6+Tuz	24.3 d	15.7 e	78.3 f	85.3 b	30.9 f	26.4 c	24.3 d	25.7 cd
EY30+Tuz	23.1 e	21.3 c	82.6 d	73.3 d	32.5 e	30.0. b	23.8 e	24.7 d
EY37+Tuz	21.3 f	18.1 d	79.9 e	54.0 e	32.9 d	27.8 bc	22.8 f	23.7 d
EY43+Tuz	31.4 a	32.3 a	95.6 b	74.2 cd	37.9 c	30.3 b	25.7 c	28.3 b
A.Ö.F.	0.11***	3.43***	0.09***	11.78***	0.17***	3.26***	0.16***	3.28***

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001

Tuz uygulaması yapılan toprakta makro ve mikro besin elementleri incelendiğinde bakteri uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Makro besin elementi analizlerinde 1. yıl N (% 3.45) ve P (2413.17 mg/kg) içeriklerinde yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre EY30 bakteri uygulaması yüksek değerler vermiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre yüksek değerler EY43 bakteri uygulamasından K içeriğinde %2.370 ve Ca içeriğinde %0.750, EY37 bakteri uygulamasından ise Mg içeriğinde %0.277 ile elde edilmiştir. Na içeriğinde ise en yüksek değer yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan %0.082 olarak bulunmuştur. 2. yıl ise EY37 bakteri uygulaması N (%3.05) içeriğinde, EY30 bakteri uygulaması P (%0.350) ve Ca (%0.830) içeriğinde, EY6 bakteri uygulaması K (%2.284) içeriğinde ve EY43 bakteri uygulaması da Mg (%0.239) içeriğinde yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre yüksek değerler vermiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan ise en yüksek Na içeriği %0.059 olarak bulunmuştur.

Tuz uygulaması yapılan toprakta mikro besin elementi içeriklerinde 1. yıl kontrol gurubundan sonra Zn içeriğinde EY37 (30.4 mg/kg), Fe (100.7 mg/kg) ve Cu (32.5 mg/kg) içeriklerinde EY43, Mn (37.1 mg/kg) ve B (15.3 mg/kg) içeriklerinde EY2 bakteri uygulamaları en iyi değerleri vermiştir. 2. yıl besin elementi analizlerinde ise EY30 bakteri uygulaması Zn içeriğinde 28.4 mg/kg ve Mn içeriğinde 34.9 mg/kg, EY43 bakteri uygulaması Fe içeriğinde 97.0 mg/kg ve Cu içeriğinde 31.2 mg/kg yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre yüksek değerler vermiştir.

Çizelge-4.41. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının makro besin elementi alımına etkisi

	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		Na (%)	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	3.50 a	3.28 a	0.313 ab	0.228 d	2.150 e	1.744 d	0.698 f	0.555 e	0.255 d	0.198 b	0.074 c	0.565 ab
Tuz	2.92 e	2.59 c	0.300 ab	0.247 cd	2.165 d	1.900 d	0.722 e	0.608 de	0.196 g	0.234 a	0.082 a	0.059 a
EY2+Tuz	3.10 c	3.02 b	0.341 ab	0.276 b	2.319 b	1.865 d	0.733 c	0.677 cd	0.218 e	0.183 b	0.048 g	0.052 c
EY6+Tuz	3.02 d	3.09 ab	0.226 b	0.337 a	2.244 c	2.482 a	0.750 a	0.712 bc	0.271 b	0.231 a	0.076 b	0.055 abc
EY30+Tuz	3.45 a	3.08 ab	0.357 a	0.350 a	2.318 b	2.284 b	0.724 d	0.830 a	0.207 f	0.238 a	0.049 f	0.053 bc
EY37+Tuz	3.23 b	3.05 b	0.339 ab	0.269 bc	2.100 f	2.093 c	0.737 b	0.635 d	0.277 a	0.194 b	0.050 e	0.048 d
EY43+Tuz	3.23 b	3.11 ab	0.334 ab	0.327 a	2.370 a	2.356 ab	0.750 a	0.776 ab	0.269 c	0.239 a	0.064 d	0.056 ab
A.Ö.F.	0.11***	0.27***	0.158*	0.035***	0.008***	0.213***	0.001***	0.100***	0.011***	0.025***	0.001***	0.005**

Çizelge-4.42. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının mikro besin elementi alımına etkisi

	Zn (mg kg^{-1})		Fe (mg kg^{-1})		Mn (mg kg^{-1})		Cu (mg kg^{-1})	
	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl	1.yıl	2.yıl
Kontrol	31.4 a	28.5 a	105.0 a	114.2 a	39.0 a	35.0 a	34.5 a	34.2 a
Tuz	27.5 g	18.1 c	89.9 f	74.2 e	30.3 d	26.4 c	24.3 g	23.7 d
EY2+Tuz	28.1 e	23.2 b	96.3 d	83.3 de	37.1 ab	31.4 b	28.6 d	30.6 b
EY6+Tuz	28.4 d	22.2 b	96.1 d	86.9 cd	36.1 b	34.5 a	26.9 f	26.2 c
EY30+Tuz	27.7 f	28.8 a	98.8 c	96.3 abc	36.2 b	34.9 a	27.2 e	29.9 b
EY37+Tuz	30.4 b	23.6 b	90.2 e	87.7 bcd	35.1 bc	31.6 b	30.8 c	31.2 b
EY43+Tuz	29.6 c	27.4 a	100.7 b	97.0 ab	32.9 c	29.6 b	32.5 b	28.9 b
A.Ö.F.	0.17***	3.18***	0.49***	13.16***	3.26***	3.88***	0.21***	3.47***

4.1.19.2. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde uygulamaların besin elementi alımına etkisi

Denemede yapılan makro ve mikro besin elementi analizlerinde bakteri uygulamalarının etkisi hem tuzlandırılmış toprakta hemde tuz uygulaması yapılan toprakta istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Tuzlandırılmış toprakta makro element içeriklerinde 1. yıl EY43 bakteri uygulaması yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en iyi N (%2.86) ve Ca (%0.680) içeriklerini vermiştir. P (%0.320), K (%2.461) ve Mg (%0.241) içeriklerinde ise kontrolden sonra en iyi değerler EY2 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. En fazla Na miktarı ise yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan (%0.063) elde edilmiş olup kontrolden (%0.047) sonra en düşük değeri ise EY2 (%0.048) bakteri uygulaması vermiştir. 2. yıl analizlerinde ise yapraklardaki N içeriğinde %2.97 ve K içeriğinde %2.530 değerleri ile en iyi uygulama EY37 ırkı olmuştur. EY43 bakteri uygulaması ise P (%0.325) ve Mg (%0.249) içeriklerinde yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en iyi değerleri vermiştir. Ca içeriğinde en yüksek değer EY6 bakteri uygulamasında %0.780 olarak bulunmuştur. Na içeriğinde ise benzer şekilde en yüksek değer yalnız tuzlu topraktaki (%0.065) fidanlardan elde edilmiştir. Makro besin elementi miktarlarının sınır değerlerine göre elde edilen sonuçlarda yapraklardaki N, P ve K'da normal değerler ve Ca ve Mg'da ise düşük değerler elde edilmiştir.

Mikro besin elementi analizleri incelendiğinde ise ilk yıl Zn miktarında kontrolden (28.8 mg/kg) sonra en iyi değeri 25.4 mg/kg ile EY2 bakteri uygulaması vermiştir. Aynı zamanda EY2 bakteri uygulaması Mn (35.0 mg/kg) ve Cu (30.6 mg/kg) miktarlarında en yüksek değerleri veren uygulama olmuştur. En yüksek Fe (102.8 mg/kg) miktarı ise EY43 bakteri uygulamasından elde edilirken en düşük değerler yalnız tuzlu topraktaki fidanlardan Fe miktarında 80.0 mg/kg olarak bulunmuştur. 2. yıl analizlerinde ise EY6 bakteri ırkı ön plana çıkan uygulama olmuştur. Zn, Fe, Mn ve Cu içeriklerinin hepsinde en yüksek değerleri vermiştir. EY6 bakteri uygulaması yapılan fidanların yapraklarında Zn 31.0 mg/kg, Fe 105.6 mg/kg, Mn 34.6 mg/kg, Cu 29.7 mg/kg ve B 11.6 mg/kg olarak bulunmuştur. Yapraklardaki mikro besin elementi miktarlarının alt ve üst değerlerine göre Fe ve Mn miktarları düşük olurken Cu ve Zn miktarları normal seviyede bulunmuştur.

Çizelge-4.43. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarınının makro besin elementi alımına etkisi

	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		Na (%)	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	2.96 a	3.23 a	0.282 c	0.284 c	2.388 b	2.180 b	0.658 b	0.699 b	0.217 b	0.241 ab	0.047 f	0.049 e
Tuz	2.57 d	2.55 c	0.233 d	0.216 ef	1.789 g	2.007 c	0.562 f	0.632 c	0.205 e	0.199 d	0.063 a	0.065 a
EY2+Tuz	2.84 a	2.86 b	0.320 a	0.231 de	2.461 a	1.736 d	0.658 b	0.629 c	0.241 a	0.227 bc	0.048 ef	0.046 e
EY6+Tuz	2.71 b	2.59 c	0.229 ef	0.302 b	1.801 f	1.480 e	0.577 d	0.780 a	0.211 c	0.209 cd	0.049 e	0.062 ab
EY30+Tuz	2.70 b	2.88 b	0.230 f	0.238 d	1.834 d	1.640 d	0.588 c	0.589 cd	0.203 f	0.214 cd	0.051 c	0.060 bc
EY37+Tuz	2.64 c	2.97 b	0.228 f	0.200 f	1.822 e	2.538 a	0.569 e	0.543 d	0.193 g	0.214 cd	0.050 d	0.056 cd
EY43+Tuz	2.86 a	2.93 b	0.311 b	0.325 a	2.279 c	1.949 c	0.680 a	0.744 ab	0.208 d	0.249 a	0.054 b	0.054 d
A.Ö.F.	0.08***	0.25***	0.002***	0.023***	0.010***	0.213***	0.002***	0.084***	0.002***	0.024**	0.001***	0.005***

Çizelge-4.44. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuzlandırılmış toprakta bakteri uygulamalarının mikro besin elementi alımına etkisi

	Zn (mg kg^{-1})		Fe (mg kg^{-1})		Mn (mg kg^{-1})		Cu (mg kg^{-1})	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	28.8 a	25.6 b	100.8 b	89.1 b	34.2 b	32.1 b	28.5 b	28.8 a
Tuz	18.3 g	18.6 c	80.0 f	66.6 d	26.3 g	26.1 d	23.8 f	21.1 c
EY2+Tuz	25.4 b	19.6 c	96.7 c	76.2 c	35.0 a	28.8 c	30.6 a	25.8 b
EY6+Tuz	21.8 d	31.0 a	85.9 d	105.6 a	28.9 e	34.57 a	25.4 d	29.7 a
EY30+Tuz	20.1 e	20.0 c	85.2 d	77.0 c	29.7 d	29.8 c	25.4 d	22.5 c
EY37+Tuz	19.2 f	20.5 c	80.8 e	92.8 b	28.0 f	28.8 c	24.7 e	28.8 a
EY43+Tuz	25.1 c	25.6 b	102.8 a	89.8 b	33.3 c	33.9 ab	26.4 c	27.3 ab
A.Ö.F.	0.22***	3.62***	1.15***	11.33***	0.45***	2.57***	0.59***	3.18***

Tuz uygulaması yapılan toprakta makro besin elementi miktarları incelendiğinde ise ilk yıl EY30 ve EY43 bakteri ırklarının diğer uygulamalara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. N (%2.85) ve K (%2.413) içeriklerinde en iyi sonuçlar EY30 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. Yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlara göre en iyi değerler P'da %0.310, Ca'da %0.676 ve Mg'da %0.235 olarak EY43 uygulamasında bulunmuştur. Na içeriğinde ise en yüksek değer %0.064 ile yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilirken en düşük değer ise %0.047 ile kontrol gurubunda elde edilmiştir. 2. yıl N (%3.23), P (%0.300) ve Mg (%0.243) içeriklerinde kontrol gurubu fidanlarından sonra en iyi değerler EY43 uygulamasından elde edilmiştir. EY6 bakteri uygulaması K içeriğinde %2.412 değeri ile ve EY37 bakteri uygulaması da Ca içeriğinde %0.731 değeri ile iyi sonuçlar vermiştir. Na içeriğinde en yüksek değer %0.060 ile yalnız tuz uygulaması yapılan fidanlardan elde edilmiştir.

Mikro besin elementi miktarlarında tuz uygulaması yapılan topraktaki analiz sonuçlarına göre 1. yıl Zn içeriği EY37 uygulamasında 27.1 mg/kg olarak bulunurken yalnız tuz uygulaması yapılan toprakta 23.9 mg/kg ve kontrol gurubunda 28.8 mg/kg olarak bulunmuştur. EY43 uygulaması Fe içeriğinde 106.0 mg/kg ile ve Cu içeriğinde 28.9 mg/kg ile en yüksek değerleri verirken Mn içeriğinde kontrol grubundan sonra 33.9 mg/kg ile en iyi sonucu vermiştir. 2. yıl Zn miktarında en yüksek değer 26.0 mg/kg ile EY6 bakteri uygulamasından elde edilmiştir. EY43 bakteri uygulaması Fe içeriğinde 98.2 mg/kg ve Cu içeriğinde 32.1 mg/kg ile kontrole göre yüksek değerler vermiştir. Mn içeriğinde 34.5 mg/kg ile EY30 bakteri uygulaması kontrole göre yüksek değerler vermiştir. Mikro besin elementi (Zn, Fe, Mn ve Cu) miktarlarında her iki yılda da en düşük değerler yalnız tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlardan elde edilmiştir.

Çizelge-4.45. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının makro besin elementi alımına etkisi

	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)		Mg (%)		Na (%)	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	2.96 a	3.23 a	0.282 f	0.284 abc	2.386 a	2.180 b	0.658 d	0.670 ab	0.217 d	0.240 a	0.047 e	0.049 cd
Tuz	2.74 c	2.46 c	0.286 e	0.239 d	2.260 b	1.665 d	0.669 b	0.613 bc	0.219 cd	0.195 cd	0.064 a	0.060 a
EY2+Tuz	2.82 b	2.47 c	0.306 b	0.211 e	2.383 a	1.797 c	0.666 c	0.574 c	0.232 ab	0.215 b	0.056 c	0.049 cd
EY6+Tuz	2.74 c	2.96 b	0.297 d	0.294 ab	2.295 b	2.412 a	0.676 a	0.712 a	0.220 c	0.213 bc	0.062 b	0.055 b
EY30+Tuz	2.85 b	2.86 b	0.297 d	0.282 bc	2.413 a	2.121 b	0.658 d	0.655 ab	0.220 c	0.207 bc	0.057 c	0.047 d
EY37+Tuz	2.76 c	2.93 b	0.302 c	0.273 c	2.258 b	1.747 cd	0.647 e	0.731 a	0.226 b	0.189 d	0.054 cd	0.054 b
EY43+Tuz	2.84 b	3.00 b	0.310 a	0.300 a	2.390 a	2.155 b	0.676 a	0.679 ab	0.235 a	0.243 a	0.050 d	0.053 bc
A.Ö.F.	0.06***	0.25***	0.001***	0.008***	0.182***	0.152***	0.002***	0.099**	0.011***	0.022***	0.001***	0.005***

Çizelge-4.46. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuz uygulaması yapılan toprakta bakteri uygulamalarının mikro besin elementi alımına etkisi

	Zn (mg kg^{-1})		Fe (mg kg^{-1})		Mn (mg kg^{-1})		Cu (mg kg^{-1})	
	1.yıl	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**	**1.yıl**	**2.yıl**
Kontrol	28.8 a	25.6 ab	100.8 b	89.1 a	34.2 a	32.1 a	28.5 b	28.8 b
Tuz	23.9 g	19.1 c	95.0 g	73.2 b	31.9 d	26.6 b	26.4 e	24.4 c
EY2+Tuz	25.1 f	19.4 c	98.2 f	78.4 b	33.5 b	26.8 b	26.4 e	27.5 b
EY6+Tuz	25.5 d	26.0 a	99.1 e	92.6 a	33.5 b	32.6 a	28.0 d	29.2 b
EY30+Tuz	25.4 e	25.0 ab	96.7 d	94.7 a	32.6 c	34.5 a	28.0 d	27.8 b
EY37+Tuz	27.1 b	23.3 b	100.0 c	88.6 a	31.9 d	28.4 b	28.5 c	28.7 b
EY43+Tuz	26.7 c	25.8 ab	106.0 a	98.2 a	33.9 a	34.2 a	28.9 b	32.1 a
A.Ö.F.	0.24***	3.28***	1.00***	12.72***	0.28***	3.41***	0.11***	3.10***

4.2. Tartışma

Bitkilerde tuz stresi; klorür, sülfat, karbonat, bikarbonat ve borat formundaki tuzların toprak veya sulama sularında yoğun şekilde bulunmasıyla ortaya çıkmaktadır (Mengel ve Kirkby, 2012). Bitkiler strese karşı tür ve çeşitlere göre değişen farklı tepkiler göstermektedir. Bazı bitkiler tuza dayanıklılık gösterirken, bazıları tuza karşı duyarlı olmaktadır. Tuz stresi karşısında bitkiler farklı adaptasyon mekanizmalarına sahip olmakla birlikte artan tuz miktarlarıyla ölümler de görülmektedir. Bu nedenle günümüzde tuzluluğa karşı bitkilere dayanıklılık sağlayacak BBAR'lerin kullanımı önem kazanmıştır. Bu çalışmadada da tuza duyarlı elma ve kiraz fidanlarında tuz stresine karşı rizobakteri uygulamalarının etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Bilindiği üzere topraktaki artan tuz konsantrasyonu bitkilerin kullanılabilir suyu almasını engellemektedir (Yılmaz ve ark., 2011). Bu nedenle su alınımının azalmasıyla birlikte bitkilerde makro ve mikro besin elementi alınımını azalmıştır. Elma ve kiraz fidanlarında her iki tuz uygulamasında da bitki yapraklarındaki besin elementi miktarları en düşük olmuştur. Besin elementlerindeki bu azalış, stres şartlarında stomaların kapanmasıyla transpirasyon oranının azalması, aktif taşınımın ve membran permabilitesinin zarar görmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Manzoor Alam, 1999). Çalışmamızda tuzluluk şartlarında bitki köklerine BBAR'lerin inokulasyonu bitki büyümesi, gelişimi ve besin elementi içeriğinde tuz stresinin zararlı etkisini azalttığı görülmüştür. Daha önce yapılan benzer çalışmalarda da BBAR'lerin inokulasyonun tuzluluk şartlarında farklı türlerde verim, bitki gelişimi ve topraktan besin elementi alınımını uyardığı bildirilmiştir (Mayak ve ark., 2004; Woitke ve ark., 2004; Han ve Lee, 2005a; Yildirim ve ark., 2008a; Karlidag ve ark., 2011a; Karlidag ve ark., 2013). Azot, bitkilerin temel yapı taşlarından olup, bitki gelişiminde ve klorofilin yapı taşı olması nedeniyle de fotosentez de büyük öneme sahiptir. Ancak yetiştirme ortamına NaCl ilavesinde N ile Cl arasındaki zıt ilişkiden dolayı N miktarı azalmakta ve bitkinin N alımını olumsuz yönde etkilemektedir (Wehrmann ve Hähndel, 1984). Yapmış olduğumuz çalışmada da elma ve kiraz türlerinde hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da yüksek tuzluluk nedeniyle yapraklardaki azot miktarlarında azalma meydana gelmiştir. Her iki türde de tuzlandırılmış toprakta, tuz uygulaması yapılan toprağa göre daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan bakteri uygulamaları ile elmada EY30 ve EY43 bakteri ırkları azot alımını artırmıştır. Kirazda azot içerikleri elmaya göre daha az olmakla birlikte azot içeriğinde en fazla artış EY2,

EY30 ve EY43 bakteri ırklarında olmuştur. Toprakta biyolojik azot fiksasyonunu sağlayan bakteriler mevcut olup, bunlar N_2 formundaki azotu nitrojenaz enzimi yardımıyla kullanılabilir form olan NH^+_4'e dönüştürmektedirler (Çakmakçı, 2014; Okur, 2014; Turan ve ark., 2014). Bu etki de bizim çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Ön plana çıkan EY2, EY30 ve EY43 bakteri ırklarının azot fiksasyonu sayesinde azot alınımını artırdığı söylenebilir. Fosfor, bitkilerde proteinler, enzimler, fosfolipitler ve nükleik asitlerin önemli yapı bileşenidir. Ancak topraklarda kaya fosfatı şeklinde bitkiler tarafından alınamaz formda bulunmaktadır. Bazı fosfat çözücü bakteriler ise, glukonik asit ve sitrik asit gibi organik asitler salgılayarak (Kucey ve ark., 1989; Gadd, 1999) ve proton pompalanması sonucu toprak pH'sını etkileyerek inorganik P çözünürlüğünü artırarak alınabilir forma dönüştürmekte (Antoun, 2002; Rodriguez ve ark., 2004), bitki gelişmesini teşvik etmekte (Kumar ve Narula, 1999; Whitelaw, 1999) ve diğer minerallerin alımını artırmaktadır (Biswas ve ark., 2000). BBAR'lerin bu özelliği ile yapmış olduğumuz çalışmamızda bakteri uygulamaları ile tuzluluk koşullarında elma ve kiraz fidanlarında P içeriği artırılmıştır. Bakteri uygulamalarıyla P içeriğinde kullandığımız türlerde ve yapılan farklı tuz uygulamasında yıllara göre değişiklikler gözlense de uygulanan bütün bakteri ırkları elma ve kirazda P içeriğini artırmıştır. Potasyum, bitkilerde birçok enzim sisteminin aktive edilmesinde, hücre turgorunu sağlayarak bitkilerde su kaybını azaltarak ozmotik dengenin sağlanmasında stomaların açılıp kapanmasında, stoma aktivitesi ve fotosentezde ve bitkilerde protein miktarının artırılmasında önemli bir besin elementidir (Turan ve Horuz, 2012). Tuzluluk koşullarında Na^+ iyonu konsantrasyonunun artması iyonik çaplarının ve elektriksel yüklerinin benzerliği nedeniyle K^+ iyonu alımını sınırlandırmaktadır (Levitt, 1980). Elma ve kiraz fidanlarında bakteri uygulaması olmayan tuzlu topraklarda yüksek Na^+ içeriğinden dolayı potasyum alınımı azalmış olup, en düşük K içeriğini vermişlerdir. Her iki yılda da yapılan iki farklı tuz uygulamasında da elma ve kiraz fidanlarında EY30 bakteri ırkı hariç bütün bakteri uygulamaları K içeriğinde iyi sonuçlar vermiştir. Bazı BBAR'ler, eksopolisakkaritler (EPSs) üreterek, Na^+ iyonunu bağlayarak bitkinin fazla Na almasını engellerler ve böylece topraktan K alınımını artırmış olabilirler (Ashraf ve ark., 2004). Kalsiyum bitkilerde hücre duvarının oluşumunda, bölünme ve uzamasında, enzim aktivitesinin artırılmasında, kök uzamasını olumlu yönde etkileyerek kök salgılarının artışında ve hücrelerdeki anyon-katyon dengesinde görevlidir. Yüksek tuz konsantrasyonlarında bitki hücrelerinde Na ve Cl iyonlarının birikimi sonucu Ca iyonunun hücre içerisindeki dengesi bozulmaktadır (Marschner, 1995; Dasgan ve ark.,

2002; Xue ve Liu, 2008). Magnezyum bitki sitoplazmasında en çok bulunan ve olumsuz çevre şartlarına karşı dokularda Ca gibi koruyucu bir fonksiyon üstlenen besin elementidir (Hecht-Buchholz ve Schuster, 1987). Ayrıca Mg klorofilin yapısına katılmakta, azot fiksasyonuna yardımcı olmakta ve hücre membranlarında fosfolipidlerin biyosentezi için gereklidir. Stres şartlarında bitkilerde klorofilin parçalanması sonucu Mg elementi miktarlarında azalma olduğu bildirilmiştir (Baran ve Doğan, 2014; İpek, 2015). Ayrıca tuz stresinde ortamda Na ve Cl birikimi yüksek seviyelere ulaşmakta ve bu durum iyon dengesinin bozulmasına neden olarak K^{+}, Ca^{+2}, Mn^{+2} ve NO_3^{-} gibi besin elementlerinin alımı azalmaktadır (Hasegawa ve ark., 2000; Viégas ve ark., 2001). Kök rizozferinde kolonize olmuş bakteriler lateral kök sayısını artırarak ve kök uçlarının gelişmesini sağlayarak kök yüzey alanını artırmakta ve böylece bitkinin daha fazla su ve besin elementi alınımını sağlamaktadır (Çakmakçı, 2014). Yapılan bakteri uygulamaları ile tuz stresi altındaki bitkilerde Ca ve Mg alımı artırılmış olup, daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Elmada her iki tuz uygulamasında da Ca içeriğinde EY30 ve EY43 bakteri ırkları, Mg içeriğinde EY2, EY37 ve EY43 bakteri ırkları ön plana çıkarken, kirazda Ca içeriğinde EY6 ve EY43 ve Mg içeriğinde EY2 ve EY43 bakteri ırkları ön plana çıkmıştır. Sodyum tuzlu topraklarda NaCl ve Na_2SO_4 formlarda bulunarak bitkilere çok fazla hasarlar vermektedir. Ancak tuzlu topraklarda kök bölgesinde EPS üreten bakteri populasyon yoğunluğunun artması bitkinin alabileceği Na^{+} içeriğini azaltarak, bitki gelişiminde tuz stresinin zararlı etkisini azaltmada yardımcı olmaktadır (Ashraf ve ark., 2004; Sandhya ve ark., 2009). Yaptığımız çalışmada da yüksek tuz konsantrasyonu altındaki bitkilerde yapılan bütün BBAR uygulamaları Na^{+} iyonu alımını engelleyerek yapraklarda Na içeriğini azaltmıştır. Tuzlu şartlarda yetiştirilen turp bitkilerinde BBAR uygulamaları ile bitkinin Na alınımın azaldığı ve BBAR'lerin kök bölgesinde salgıladıkları salgılar nedeniyle Na iyonunun zararlı etkisinin azaldığı belirtilmiştir (Yildirim ve ark., 2008a; Yildirim ve ark., 2008b). Çinko, bitkide çok sayıda enzimin aktifleştirilmesinde görev alır ve çeşitli enzimlerin yapılarında yer alır. Triptofan sentezinde önemli bir elementtir. Protein, şeker ve karbonhidrat sentezine katılır ve fotosentez, solunum ve biyolojik membran devamlılığı üzerine etkileri vardır. Demir ve klorofil sentezinde katalizör olarak ve protein sentezinde görev yapmaktadır. Enzimatik olayları hızlandırmaktadır. Mangan, bitkilerde karbonhidrat metabolizması, protein ve askorbik asit sentezinde görev alır. Klorofil oluşumunda, IAA oksidasyonunda görev alır ve MnSOD enzimi yapısında yer alır. Bakır, fotosentezin düzenli olarak gerçekleşmesi için önemli bir elementtir. Bitki hücre duvarlarında lignin oluşumunda ve

klorofil oluşumu ile ilgili olaylarda görev alır. Çalışmamızda elma ve kiraz fidanlarında tuzluluk stresi ile bu mikro besin elementlerin alımında azalışlar gözlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da tuzluluk şartlarında Na ve Cl içerikleri hariç yaprak ve köklerdeki bitki besin elementi içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir (Yildirim ve ark., 2009; Karlidag ve ark., 2011b). Ancak bakteri uygulamaları ile tuz stresi altındaki bitkilerde bu elementlerin içerikleri artırılmıştır. Nitekim Mayak ve ark. (2004) domates ve biberde, Yildirim ve ark. (2006) kabakta, Yildirim ve ark. (2008b) turpta ve Karlidag ve ark. (2013) çilekte tuzluluk şartlarında BBAR'ler ile mikro besin elementi içeriklerinde artış sağlandığını belirtmişlerdir. Fe, Zn, Cu ve Mn elementlerinin bu artışı rizosferde bitkiler ve bakteriler tarafından üretilen organik asitlerin toprak pH'sını azaltmak sureti ile Fe, Zn, Cu ve Mn kullanılabilirliğinin uyarılması ile açıklanabilir (Sundara ve ark., 2002; Shen ve ark., 2004). Ayrıca BBAR'ler düşük molekül ağırlıklı siderofor bileşikleri üreterek toprakta alınmaz formdaki demiri şelatlayarak bitki tarafından alınabilir forma dönüştürmektedir (Çakmakçı, 2014). Bu durum bizim sonuçlarımızı desteklemektedir. Nitekim elma ve kiraz fidanlarıda bakteri ırklarının tümü tuz stresi altında bitkilerin Fe içeriğini artırmıştır (Çizelge 4.40., Çizelge 4.42., Çizelge 4.44. ve Çizelge 4.46).

BBAR'ler ürettikleri fitohormonlar ve aktif sekonder metabolitler sayesinde stres koşullarında bitkilerin gelişmesinde iyileşitici etki yapabilmektedirler. Nitekim daha önce yapılan çalışmalarda da araştırıcılar bazı BBAR'lerin fitohormonlar üreterek abiyotik stres boyunca bitki büyümesini ve gelişimini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. (Asghar ve ark., 2002; Lugtenberg ve Kamilova, 2009; Kang ve ark., 2014b). Benzer olarak bizim yaptığım çalışmamızda da bakteri uygulamaları ile fitohormon miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Kullandığımız M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde ve MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat kiraz çeşidinde her iki tuz uygulamasında da giberellik asit miktarında EY43, indol asetik asit miktarında ise EY2 bakteri ırkı en yüksek sonuçları vermiştir. Kang ve ark. (2014a) daha önce yaptıkları çalışmada *B.cepacia, A. Calcoaceticus* ve *Promicromonospora sp.* türlerinin gelişimleri sırasında giberellin ve oksin ürettiğini belirtmişlerdir. Bu da bizim kullandığımız bakteri ırklarının da gelişimleri sırasında giberellin ve oksin üreterek tuzlu şartlarda bitki gelişimine destek sağlayabildiğini göstermektedir. Absisik asit, abiyotik stres koşullarında su kaybını en aza indirgemek için stomatal kapanmayı destekleyerek ve strese duyarlı birçok genin aktivasyonu yoluyla stres toleransını artırarak bitki büyümesinde önemli bir yer tutmaktadır (Zhang ve ark., 2006). Bitkilerdeki ABA miktarı tuz ve kuraklık stresi altında arttığı yaygın olarak belirtilmiştir (Wang ve ark., 2001). Çalışmamızda da tuz stresi ile yapraklardaki absisisk

asit miktarlarında artışlar gözlenmiştir. Bu artışların uygulanan bakteri ırklarınında teşvik ettiği söylenebilir. Nitekim kullanılan elma ve kiraz çeşitlerinde sırasıyla EY43 ve EY37 bakteri ırkları en fazla ABA miktarına sahip uygulamalar olmuştur.

Bitkilerde tuz stresiyle birlikte turgorite ve su potansiyelinde azalma meydan gelmektedir. Ayrıca, fazla tuzluluk ile ozmotik strese maruz kalan bitkilerin yaprak su potansiyeli ve ozmotik potansiyeli düşmektedir (Glenn ve ark., 1997). BBAR'in diğer önemli bir etkisi de, abiyotik stres, özellikle kuraklık ve tuz stresi altındaki bitkilerde yaprak su durumunu iyileştirmesidir (Ahmad ve ark., 2013a). Marulanda ve ark. (2010) tuzluluk şartlarında mısır köklerine *Bacillus megatertum* ırkının inokülasyonu ile köklerin topraktan suyu absorbe etme yeteneğinin arttığını ve Gond ve ark. (2015) yine mısırda köklere *Pantoea agglomerans* ırkının inokulasyonun benzer davranışlar gösterdiğini belirlemişlerdir. Yine mısır bitkisine inokule edilen *Rhizobium* ve *Pseudomonas* türlerinin tuz toleransına karşı yapraklarda nispi su içeriğinin korunmasının sağlandığı bildirilmiştir (Bano ve Fatima, 2009). Bu bilgilere göre bizim çalışmamızda tuz stresi altındaki elma ve kiraz fidanlarında bakteri uygulamaları ile yaprak nispi su içeriğinin artması benzerlik göstermiştir. Nitekim elmada bakteri uygulamasının olmadığı hem tuzlandırılmış topraktaki hem de tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanların yapraklarının su içerikleri %11-%12 arasında değişmekle birlikte, bu oran EY37 ve EY43 bakteri uygulamaları ile %20-%26'lara kadar çıkmıştır (Çizelge 4.13. ve Çizelge 4.14.). Yine aynı şekilde, kirazda da her iki tuz uygulamasındaki fidanların yapraklarındaki su içerikleri %11 civarında bulunurken, EY2, EY37 ve EY43 bakteri uygulamaları ile bu oran %20'ye yükselmiştir. Karlidag ve ark. (2013) tuzlu şartlarda çilekte yapmış oldukları çalışmada EY6, EY30 ve EY43 ırklarının diğer uygulamalardan daha iyi YOSİ değeri verdiğini, aynı şekilde turpta (Yildirim ve ark., 2008b), lahanada (Yıldırım ve ark., 2011), çilekte (Karlidag ve ark., 2011a) ve üç yapraklı ve yerli turunç anaçlarında (Arikan ve ark., 2016) BBAR uygulamaları ile YOSİ değerlerinin arttığı bildirilmiştir. Yaprak oransal su içeriği stres şartlarında sentezlenen prolin birikimi ile yakından ilişkilidir. Meydana gelen streste düşen ozmotik potansiyel prolin birikimi ile artırılarak bitkilerde düşük su seviyelerinde turgor basıncının korunması için hücre kapasitesi artırılmaktadır. BBAR'in de tuz stresi şartlarında prolin sentezini artırarak YOSi değerlerine olumlu etki yaptığı düşünülmektedir. Bu sonuçlara ek olarak Mayak ve ark. (2004) BBAR'nin tuz stresi altında yetiştirilen bitkilerde su kullanım etkinliğini arttırarak köklenme ve gelişmeyi kolaylaştırabildiğini belirtmişlerdir.

Tuz stresiyle birlikte net fotosentez oranı, transpirasyon oranı ve stoma iletkenliği azaltmakta ve stoma direnci ise artmaktadır. Dolasıyla fotosentez hızındaki azalmalarla birlikte karbon metabolizmasında gerekli olan CO_2'in kullanabilirliğini sınırlandırarak stoma iletkenliğinde azalmaya neden olmaktadır (Brugnoli ve Björkman, 1992). Stoma iletkenliği ölçümlerinde en düşük değerler bakteri uygulamalarının olmadığı tuzlu topraklardan elde edilmiştir. Nitekim elmada bakteri uygulamasız tuzlu topraklarda ortalama olarak yaklaşık 130-160 mmol/m^2s olan stoma iletkenliği kontrol gurubundaki bitkilerde 250-290 mmol/m^2s olarak bulunmuştur (Çizelge 4.15.). Bakteri uygulamalarında ise tuz stresinin neden olduğu bu stoma iletkenliğindeki azalma tolere edilmiş olup, en fazla artış EY37 ve EY43 ırklarından elde edilmiştir. Kiraz fidanlarından ise elmaya göre benzer stoma iletkenliği değerleri elde edilmiştir. Bakteri uygulamasız tuzlu topraklarda bu değerler 100-194 mmol/m^2s arasında değişmiştir. Ancak kiraz elmaya göre tuza daha hassas bir tür olmasına rağmen stoma iletkenliğinde bakteri uygulamalarının daha fazla etkisinin olduğu tespit edilmiştir. En fazla artış yapan bakteri ırkları olan EY37 ve EY43 bakteri ırklarında stoma iletkenliği değerleri 105-451 mmol/m^2s arasında değişmiştir. Bakteri uygulamalarındaki bu artışlar, ABA miktarı, K^+ ve Na^+ iyonları arasındaki dengeyi sağlayarak stomaların kapanmasını kontrol edip hücrelere CO_2 girişini düzenlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tuzluluk stresi altında yapılan çalışmalarda marulda *Serratia sp*. ve *Rhizobium sp.* türlerinin (Han ve Lee, 2005a), fesleğende *Pseudomonades sp.* ve *Bacillus lentus* türlerinin (Golpayegani ve Tilebeni, 2011), domateste *Bacillus megaterium* türünün (Porcel ve ark., 2014) ve maş fasulyesinde *Enterobacter cloacae* ve *Bacillus drentensis* türlerinin (Mahmood ve ark., 2016b) stoma iletkenliğini iyileştirdiği ortaya konmuştur. Tuzluluk bitkiler üzerinde farklı parametrelere etki ederek fotosentez üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Nitekim birçok araştırmacı tuz stresinde fotosentez etkinliğinin azaldığını belirtmişlerdir (Hasegawa ve ark., 2000; Munns, 2002; Ashraf ve Shahbaz, 2003; Kao ve ark., 2003). Benzer olarak, yaptığımız çalışmada da elma ve kiraz türlerinde yalnız tuz uygulamasının bulunduğu bitkilerin kontrol gurubu bitkilere göre daha düşük fotosentetik aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Fotosentetik aktivitede meydana gelen bu azalmanın stomaların kapanması, protein ve fotosentetik pigmentlerin miktarının azalması ve iyon konsantrasyonundaki değişimlerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Sibole ve ark., 1998; Sultana ve ark., 1999). Ayrıca tuz stresi altındaki bitkilerde yaprak su potansiyelinin azalmasının da fotosentez aktivitesini engellediği belirtilmiştir (Iyengar ve Reddy, 1996). Fakat denememizdeki BBAR uygulamalarının tuz stresinin yol açtığı fotosentezdeki bu

azalmayı engelleyebileceği tespit edilmiştir. Fuji elma çeşidinde hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta tuz stresindeki bitkilerde 4 ile 9 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ arasında olan fotosentetik aktivitenin EY30, EY37 ve EY43 bakteri uygulamaları ile 2-3 kat artarak 10 ila 16 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ arasında bulunmuştur. Yine aynı şekilde 0900 Ziraat kiraz çeşidinde de EY2, EY37 ve EY43 bakteri uygulamalarıyla tuz stresindeki bitkilere nazaran fotosentetik aktivite 1.5 kat artmıştır (Çizelge 4.9. ve Çizelge 4.19.). Han ve Lee (2005a) tuz stresindeki marul bitkisinde *Serratia sp.* ve *Rhizobium sp* türlerinin, Golpayegani ve Tilebeni (2011) tuz stresi altındaki fesleğen bitkilerinde *Pseudomonades sp.* ve *Bacillus lentus* türlerinin ve Kumari ve ark. (2015) ise soya fasulyesinde tuz stresinde *Pseudomonas sp*. ve *Bacillus sp*. türlerinin fotosentezi artırdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmalardaki sonuçlarda bizim kullandığımız *Bacillus subtilis*, *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus spharicus*, *Staphylococcus kloosii*, *Kocuria erythromyxa* türlerinin fotosentez artışıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Rizobakterilerin bu etkisinin tuz stresinde stomaların kapanmasını engelleyerek fotosentez için gerekli CO_2'deki azalmayı engellediği düşünülmektedir. Bu durum K^+ iyonunun eksikliğinden ve Na^+ iyonlarının stoplazmada birikmesinden ve ABA miktarının artmasından kaynaklanmakla birlikte rizobakterilerin tuz stresinde K^+ iyonunun alınımını artırarak ve Na^+ iyonlarının alınımını engelleyerek K^+/ Na^+ oranını artırdığı bilinmektedir. Böylelikle fotosentez aktivitesinde yararlı etkilere sahip olmaktadır (Ashraf ve ark., 2004; Yildirim ve ark., 2006; Karlidag ve ark., 2011a; Shukla ve ark., 2012). Ayrıca tuz stresine cevap olarak ABA artışının bakteri uygulamaları ile dengelendiği tespit edilmiştir. Bu durum da ABA artışından kaynaklanan stomaların kapanmasıyla fotosentez hızındaki düşüşleri engellenmiş olmaktadır (Chen ve ark., 2016).

Toprak tuzluluğu, oksidadif stres sonucunda meydana gelen süperoksit anyonu, singlet oksijen ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimine neden olmakla beraber membran zararlanması, lipid peroksidasyon ve çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal zarara yol açarak hücre ölümlerine yol açmaktadır (Mittler, 2002). Tuzluluktan kaynaklanan oksidadif stresle başa çıkmak için bitkiler çeşitli koruyucu mekanizmalar geliştirmiştir. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (KAT), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) oksidatif stres koşullarında ROS kaynaklı hücresel zararı detoksifiye ederek bitkileri koruyan önemli antioksidan enzimlerdir (Ünyayar ve ark., 2006; Kumari ve ark., 2015). Bitkilerde oksidatif strese karşı ilk savunma mekanizmasını süperoksit anyonunu, hidrojen peroksit

ve moleküler oksijene çeviren reaksiyonu katalizleyen SOD enzimi başlatmaktadır. Oluşan hidrojen peroksitte CAT, POD, APX ve GR enzimatik sistemleriyle su ve oksijene parçalanır (Dixit ve ark., 2001; Mittova ve ark., 2002).

Çalışmamızda bakteri uygulamaları ile süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinde artış gözlenmiştir.. Habib ve ark. (2016) bamyada ve Singh ve Jha (2016) buğdayda tuz stresi altındaki bitkilerde SOD enzim aktivitesinin BBAR uygulamaları ile arttığını belirtmişlerdir. Stres şartlarında bitkilere büyük zararlar veren H_2O_2 denemede kullandığımız elma ve kiraz fidanlarında bakteri uygulaması olmayan bitkilerde fazla miktarda birikerek önemli hasarlar vermiştir. Bitkilerde tuz stresi sonucunda meydana gelen hidrojen peroksit (H_2O_2) Calvin döngüsünde birçok enzimin aktivitesini bozmaktadır. Ayrıca Haber-Weiss ve Fenton reaksiyonlarını hızlandırarak oksidatif hasarı daha da artırmaktadır (Kuşvuran, 2010). Elmada SOD enzim aktivitesinin fazla olması nedeniyle yapraklarda fazla miktarda H_2O_2 birikimi olmuştur. Ancak H_2O_2 savuşturmada görevli KAT ve POD enzim aktivitelerinde BBAR uygulamaları ile artış meydana gelmiş olup, H_2O_2 miktarında azalış sağlanmıştır. Sonuç olarak EY37 ve EY43 bakteri ırkları yalnız tuz uygulaması olan topraklara göre H_2O_2 miktarında %50 oranında azalışlar sağlamıştır. Kiraz, tuzlulukta elmaya göre daha düşük SOD aktivitesi göstererek daha az H_2O_2 birikimi olmuştur. Elmaya benzer sonuçlar göstererek EY37 ve EY43 bakteri ırkları H_2O_2 birikimlerinde azalış sağlamıştır. Tuzluluk şartlarında H_2O_2 birikiminin bakteri kaynaklı azalışı ile ilgili yapılan çok az araştırma olmakla birlikte Gururani ve ark. (2013) patates bitkisinde kullandıkları 6 bakteri ırkının yapraklarda H_2O_2 birikimini azalttığını ve Kim ve ark. (2005) BBAR tarafından uyarılmış antioksidan enzim aktivitesinin tuz stresinden etkilenen bitkilerde H_2O_2'nun zararlı etkisini elemine edebileceğini bildirmişlerdir.

Stres şartlarında oluşan serbest radikaller özellikle H_2O_2'nun bitkilerde oluşması membran lipid yapısının ve proteinlerinin zarar görmesine neden olmaktadır. Serbest radikallerin dokulara bu şekilde hasar vermesi hücre zarındaki lipidlerin peroksidasyona uğramasından kaynaklanmaktadır. Lipid peroksidasyonun son ürünü, malondialdehid (MDA) olup membran bütünlüğünün yok olmasına, iyon geçirgenliğinde ve enzim aktivitesinde olumsuz değişimlere neden olmaktadır. MDA'nın bu etkileri yaptığımız çalışmada tuz stresindeki elma ve kiraz fidanlarında gözlenmiştir. İncelenen MDA verilerinde Fuji elma çeşidinde her iki tuz uygulamasında en az MDA içerikleri kontrol gurubu fidanlarından elde edilirken, en yüksek MDA birikimi bakteri uygulaması yapılmayan tuzlu topraklardan elde edilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız bütün BBAR

ırkları tuz stresindeki bu MDA birikimini azaltmıştır. 0900 Ziraat kiraz çeşidine ait fidanlarda ise elmaya göre daha düşük MDA değerleri elde edilmiştir. Kiraz elmaya göre tuza daha hassas olmasına rağmen elde edilen düşük MDA miktarları BBAR'ların kiraz türünde elmaya göre daha etkin olduğu söylenebilir. Tuzluluk şartlarında BBAR'ların soya fasulyesinde (Han ve Lee, 2005b), yer fıstığında (Shukla ve ark., 2012), buğdayda (Bharti ve ark., 2016), çeltikte (Jha ve Subramanian, 2014) ve *Bassia indica* türünde (Abeer ve ark., 2015) MDA birikimini azalttığı belirlenmiş olup, bu sonuçlar bizim çalışmamızla benzerlik göstermiştir. Rizobekterilerin bu etkisi de membranlarda zarar veren Na^{+} iyonu girişini azaltıp, Ca^{+2} iyon girişini artırıp membran bütünlüğünü sağlamasından ileri gelebilmektedir. Fuji elma ve 0900 Ziraat çeşitlerinde önceden tuzlandırılmış toprakta ve dikimden sonra tuz uygulaması yapılan toprakta, tuz stresinin etkisiyle membran zararlanmaları meydana gelmiştir. Membran zararlanmasıyla birlikte yaprakların kenarlarından içeriye doğru genişleyen kurumalar belirlenmiştir. Bu durum tuz zararının belirgin bir göstergesi olup, aşırı tuz zararının tanımlanmasında kullanılmaktadır (Kepenek ve Koyuncu, 2000; Casierra-Posada ve García, 2005; Dutta Gupta, 2007). Fuji elma çeşidinde membran geçirgenliği değerleri incelendiğinde, her iki tuz uygulamasında da en yüksek membran zararlanmaları yalnız tuzlu topraklarda meydana gelirken, en düşük zararlanmalar kontrol gurubundaki bitkilerde görülmüştür. Bakteri uygulamaları ile tuz stresinin bu olumsuz etkisi azaltılmıştır. Öyle ki, %20-%30'lardaki membran geçirgenliğini %15-%18'lere kadar düşürmüştür (Çizelge 4.11. ve Çizelge 4.12.). En fazla etki ise EY37 ve EY43 bakteri uygulamalarından elde edilmiştir. Elmaya göre kirazda membranlarda daha fazla zararlanma meydana gelmiş olup, membran geçirgenliği değerleri tuzlu toprak şartlarında %30-%60'larda olmuştur. Yine 0900 Ziraat çeşidinde en az zararlanmalar EY37 ve EY43 bakteri uygulamalarında tespit edilmiştir. Tuzluluk şartlarında bitkilerde Ca^{+2} iyonlarının yerine Na^{+} iyonlarının geçmesiyle bitkilerde membran kararsızlığı meydana gelmekte ve membran geçirgenliği artmaktadır (Marschner ve Rimmington, 1988; Gupta ve ark., 2002). Ayrıca hücre plazma zarlarında tuz stresi nedeniyle fosfolipitlerin azaldığı ve lipid peroksidasyon sonucunda MDA birikimleri membran zararlanmalarını tetiklemektedir. Ancak BBAR uygulamaları Na ve Cl alınımını engelleyip, K ve NO_3 alınımını teşvik ettiğinden hücrelerde membran stabilitesini sağlayabilmektedir (Karlidag ve ark., 2011a). Elektrolit sızıntısı membran geçirgenliğinin ölçülmesinde kullanılmaktadır, ve tuz stresinde bitki hücre zarları zarar görür, geçirgenlik artar, böylece zar içinde bulunan elektrolitler sızar ve çevre dokularda birikir (Wu, 2009). BBAR'lar ise bitki hücre zarı bütünlüğünü

koruyarak dokularda elektrolit sızıntısını düşürmektedir (Shukla ve ark., 2012). Karlidag ve ark. (2011a) çilekte EY6, EY37 bakteri ırklarının, yine benzer şekilde çilekte Karlidag ve ark. (2013) EY6, EY30 bakteri ırklarının, Arikan ve ark. (2016) turunçgil anaçlarında EY2, EY43 bakteri ırklarının ve Shukla ve ark. (2012) ise yer fıstığında *Brachybacterium saurashtrense* (JG-06), *Brevibacterium casei* (JG-08) ve *Haererohalobacter* (JG-11) ırklarının tuz stresi altında membran geçirgenliğini azalttığını bildirmişlerdir. Tuz stresi altındaki arpa bitkilerinde yapılan benzer bir çalışmada *Pseudomonas putida* UW3 ve UW4 ırklarının bitki dokularında daha düşük elektrolit sızıntısına sahip olarak, membran geçirgenliğine olumlu etki yaptığı bildirilmiştir (Jodeh ve ark., 2015). Bu etkinin BBAR'nın bitki hücre membranlarının korunmasında rol oynaması, çoğu hücresel zarın yapısal bileşenleri olarak kabul edilen lipidlerin sentezlenmesinin teşvik edilmesi ile mümkün olabileceği belirtilmiştir (Gopal ve ark., 2012; Ahemad ve Kibret, 2014).

Katalaz (KAT) enzimi SOD'un meydana getirdiği H_2O_2'in zararlı etkisini azaltmak için H_2O ve O_2' ye parçalanmasını katalize eder. Tuz stresinin neden olduğu oksidatif strese karşı KAT enzim aktivitesinde kullandığımız türlerde tuza toleransta artış olmakla birlikte, BBAR uygulamaları ile bu artış daha fazla olmuştur. Nitekim, elmada her iki tuz denemesinde de EY30 ve EY37 bakteri ırkları ile tuz stresi altındaki bitkilere göre KAT enzim aktivitesi yaklaşık olarak 1.5 kat artırmıştır. Yine kirazda EY37 ve EY43 bakteri uygulamalarıyla, bakteri uygulamasız tuz stresine maruz kalan bitkilere göre KAT enzim aktivitesinde 1.3 kat artış sağlanmıştır. KAT enzim aktivitesinde BBAR'lerin etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda, benzer olarak tuz stresi altındaki hıyarda *Burkholdera cepacia* SE4, *Promicromonospora* sp. SE188 ve *Acinetobacter calcoaceticus* ırklarının (Kang ve ark., 2014a), çeltikte PF1 ve TDK1 adlı iki *Pseudomonas* ırkının (Sen ve Chandrasekhar, 2015) ve mısırda *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9 bakteri ırkının (Chen ve ark., 2016) KAT enzim aktivitesini iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Peroksidazlar (POD), hidrojen peroksit ile çeşitli indirgeyicilerin arasında indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonlarını katalizleyen enzim sınıfıdır. POD, indirgeyici olarak çeşitli substratları kullanarak H_2O_2'i detoksifiye eder (Gechev ve ark., 2006; Yılmaz ve ark., 2011). Hanafy ve ark. (2012) domates ve biber bitkilerinde, Kang ve ark. (2014a) hıyarda, Kumari ve ark. (2015) soya fasulyesinde, Sen ve Chandrasekhar (2015) çeltikte, Singh ve Jha (2016) buğdayda, Chen ve ark. (2016) mısırda tuz stresi altında BBAR uygulamalarının POD aktivitesinde artış sağladığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir.. Fuji elma çeşidinde hem tuzlandırılmış, hem de tuz uygulaması yapılan toprakta EY43 bakteri ırkı ön plana

çıkmıştır. 0900 Ziraat kiraz çeşidinde ise her iki tuz uygulamasında da yalnız tuz stresinde bulunan topraktaki bitkilere göre en yüksek POD aktivitesi, EY37 ve EY43 bakteri ırklarından elde edilmiştir.

Konu hakkında yapılan çalışmaların çoğunda KAT, SOD ve POD enzim aktivitelerinin tuz stresinde BBAR uygulamaları ile iyileştiği tespit edilmiş olup bizim çalışmamız da desteklemektedir. Nitekim Kohler ve ark. (2009)'da BBAR ırklarının antioksidan enzim aktivitesini katalizleyerek tuz stresi altındaki marul bitkilerinde tuza toleransı artırdığını ve tuza duyarlı bitkilerde tuz stresini hafifletici etki yaptığını bildirmişlerdir.

Çözülebilir proteinler ve prolinin, bitkilerin tuz stresine toleransında bitkideki ozmotik düzenleme ile ilgili olarak önemli bir rol oynadığı (Bartels ve Sunkar, 2005) ve Na^+ toksitesinden de korumada kullanılabileceği tespit edilmiştir (Chen ve ark., 2002).

Bitkilerdeki proteinler, lipitler ve nükleik asitler tuz, kuraklık gibi abiyotik stres faktörlerinde oluşan reaktif oksijen türlerinden kaynaklanan oksidatif streste, geri dönüşümsüz olarak hasara uğramakta ve bunun sonucunda metabolizmada ciddi sorunlar meydana gelmektedir (Elstner, 1987; Ashraf ve Ali, 2008; Kuşvuran, 2010). Protein içeriğindeki bu azalmanın tuz stresinde nitrojen metabolizmasında meydana gelen zararlanmanın sonucunda olabileceği ifade edilmiştir (Ghassemi-Golezani ve ark., 2009). Tuz stresinin protein içeriğinde meydan getirdiği bu azalmalar bizim yaptığımız çalışmada da görülmüştür. Nitekim elma ve kiraz fidanlarında hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta her iki yılda da tuzlulukla birlikte yapraklardaki protein içeriği azalmıştır. En yüksek değerler kontrol gurubu bitkilerinden elde edilmiştir. Ancak BBAR uygulamaları ile bu azalışların önüne geçilmiştir. Bakteri uygulamaları kullandığımız her iki türde de benzer etkiler göstermiş olup, en iyi protein içeriği EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. BBAR uygulamalarının bitkilere tuz stresindeki etkileri ile ilgili yapılan çalışmalarda, protein içeriğine etkisi belirlenmemiş olup bizim çalışmamızın literatürlere katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızı örnek alırsak, BBAR'lerin tuz stresinde protein içeriğinde artış sağlamasının bu bakterilerin azot fikse etme özelliklerinden dolayı nitrojen metabolizmasına katkı sağlayacağını söyleyebiliriz.

Strese maruz kalan bitkiler, ozmotik dengenin sağlanabilmesi için, sitoplazma ve organellerinde çeşitli ozmolitler biriktirirler. Stres sırasında aktiviteleri artan ozmolitlerden olan prolin, asparajin ve betain-glisin gibi aminoasitler reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda görev yapmaktadırlar (Ashraf ve Harris, 2004; Sairam ve

Tyagi, 2004). Bu ozmolitler membran bütünlüğünü sağlayarak bazı enzimler üzerine de olumlu etkiler yapmaktadır (Ashraf ve Foolad, 2007). Bakteri uygulamalarının tuzlulukta prolin miktarlarına etkilerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Tuzlandırılmış toprakta her iki yılda da elma ve kiraz fidanlarında prolin birikiminde yakın değerler elde edilmiş olup yalnız tuzlu topraktaki fidanlara göre en fazla prolin birikimi elmada EY2 bakteri ırkında meydana gelirken, kirazda ise ilk yıl EY37, 2. yıl EY30 bakteri ırklarında tespit edilmiştir. Tuz uygulaması yapılan topraktaki fidanlarda ise elmada EY43 ve EY30, kirazda ise EY37 ve EY30 bakteri ırkları en iyi prolin artışı yapan uygulamalar olmuştur. Bu sonuçlar yapılan diğer çalışmalarla da desteklenmektedir.. Bitkilerde meydana gelen abiyotik streste *Burkholderia* (Barka ve ark., 2006), *Arthrobacter* ve *Bacillus* (Sziderics ve ark., 2007) ırklarının varlığının prolin sentezinde yararlı olduğu bildirilmiştir. Tuz stresi altındaki atlantik sakızında (Benhassaini ve ark., 2012), buğdayda (Upadhyay ve ark., 2012a; Upadhyay ve ark., 2012b; Saghafi ve ark., 2013; Bharti ve ark., 2016), patateste (Gururani ve ark., 2013), fasulyede (Younesi ve Moradi, 2014), baklada (Metwali ve ark., 2015), soya fasulyesinde (Han ve Lee, 2005b; Naz ve ark., 2009; Kumari ve ark., 2015), bezelyede (Ali ve ark., 2015) ve mısırda (Chen ve ark., 2016) BBAR uygulamalarının prolin birikimini artırarak tuz stresine karşı tolerans sağladığı bildirilmiştir.. Artan prolinin bitkide *de novo*'da sentezlendiği veya kök bölgesinden absorbe edildiği tam olarak açık olmamasına rağmen *Bacillus subtilis* tarafından üretilmiş *proBA* geninin *Arabidopsis thaliana'*ya aktarılmasıyla serbest prolin üretiminin artığı ki bununda trasgenik bitkilerin tuza toleransının artmasıyla ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Chen ve ark., 2007a).

Tuz stresi hücre bölünmesi ve genişlemesini azaltarak bitkinin daha küçük yapı almasına, yaprak sayısında ve yaprak alanında azalmaya ve bitki gelişiminde yavaşlamaya neden olmaktadır (Ashraf, 2004). Nitekim bizim çalışmamızda da bakteri uygulaması olmayan tuz stresindeki bitiklerde yaprak alanlarında azalmalar görülmüştür (Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8.). Yaprak alanındaki bu azalmalar kullandığımız her iki türde de BBAR uygulamaları ile belli ölçülerde engellenmiştir. Benzer şekilde Rezaei ve ark. (2015) *Azetobacter* ve *Pseudomonas* ırklarının *Nigella* bitkisinde tuz stresinin etkisiyle azalan yaprak alanını artırdığını bildirmişlerdir. Golpayegani ve Tilebeni (2011) fesleğende, Sen ve Chandrasekhar (2014) çeltikte, Metwali ve ark. (2015) baklada, Ghorai ve ark. (2015) yerfıstığında ve Mahmood ve ark. (2016b) maş fasulyesinde tuz stresi altındaki bitkilerde BBAR uygulamalarının yaprak alanını arttırdığını tespit etmişlerdir. Bakteri uygulamalarının elmada ve kirazda yaprak alanına önemli derecede

arttırdığı tespit edilmiştir. elmada her iki tuzluluk şartında da EY37 ve EY43 bakteri uygulamaları yaprak alanını önemli derecede artırmıştır. Kiraz fidanlarında ise tuz stresinde EY2, EY37 ve EY43 ırkları yaprak alanı artışında ön plana çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda ve bizim denememizdeki BBAR'ların yaprak alanlarındaki bu etkisinin tuzluluk altında bitkilerin yeterli su almasını sağlaması ve IAA üretiminden kaynaklandığı söylenebilir. Albacete ve ark. (2008) tuzluluk koşullarında oksin üreten kök kolonize bakterilerin rizosfer bölgesine ilave olarak oksin sağlayabileceğini ve böylece stres altında bitkilerin kök gelişimini sürdürmesinde yardımcı olabileceğini ve ayrıca yaprak gelişiminin korunmasına da katkıda bulunabileceğini ifade etmişlerdir.

Yapmış olduğumuz çalışmada ise bahsedilen bütün fizyolojik etkilerden dolayı iki farklı tuz uygulamasında da bitkilerde gövde çapı, sürgün çapı, sürgün uzunluğu, yaprak alanı, bitki ve kök kuru ağırlığını olumsuz yönde etkilemiştir. Fuji elma ve 0900 Ziraat kiraz çeşitlerinde önceden tuzlandırılmış toprakta, dikimden sonra tuz uygulaması yapılan toprağa göre olumsuz etki daha fazla meydana gelmiştir. Ayrıca tuz stresine daha duyarlı olan kiraz da elmaya göre daha fazla etkilenmiştir. Bunun nedeni, artan tuz oranının bitkilerin su alımını azaltması ve dolayısıyla büyümede hızlı bir engellenmeye sebep olmasıdır (Yıldız ve ark., 2010). Ancak BBAR uygulamaları ile bitki büyümesindeki bu azalışların büyük ölçüde engellenebileceği gözlenmiştir. Bizim yaptığımız çalışamamızda da bakteri uygulamaları ile büyümede artışlar sağlanmıştır. Her iki tuz uygulamasında da EY43 bakteri uygulaması tuzlu şartlara göre gövde çapını elmada yaklaşık %67 ve kirazda %40 artırmıştır. Nitekim BBAR uygulamalarının çeşitli bitkilerde etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda da genel olarak bakterilerin vejetatif gelişmeyi olumlu etkilediği yönünde sonuçlar alınmıştır. Han ve Lee (2005a) marulda, Nadeem ve ark. (2006a) ve Chen ve ark. (2016) mısırda tuz stresi altında BBAR uygulamalarının bitki gelişimini artırdığını belirlemişlerdir. Kausar ve Shahzad (2006), ACC-deaminaz enzimi üreten rizobakterilerin tuz stresi altında mısır bitkisinde sürgün uzunluğunu kontrole kıyasla 2.3 kat artırdığını bildirmiştir. Nitekim bizim çalışmamızda da her iki yılda da EY43 bakteri uygulaması elmada tuzlandırılmış toprakta sürgün uzunluğunda yaklaşık 2-3 kat, tuz uygulaması yapılan toprakta 1.5 kat, kirazda ise her iki tuz uygulamasında da 1.7 kat artış sağlamıştır. Yine tuz stresi altındaki bitkilerde yapılan çalışmalarda Yildirim ve ark. (2008a) turpta bitki kuru ağırlığının, Mishra ve ark. (2010) nohutta sürgün uzunluğunun, Shukla ve ark. (2012) yer fıstığında sürgün boyu ve kök kuru ağırlığının, Jha ve Subramanian (2013) ve Sen ve Chandrasekhar (2014) çeltikte bitki boyu, bitki ve kök kuru ağırlığının, Kiani ve ark. (2015) ayçiçeğinde bitki boyu,

sürgün ve kök kuru ağırlığının, Upadhyay ve Singh (2015) buğdayda kök kuru ağırlığının ve Hossain ve ark. (2016) nohutta sürgün uzunluğunun rizobakteri uygulamaları ile arttığını tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamıza benzer olarak tuz stresi altında yetiştirilen çilek bitkilerinde yapılan bir çalışmada da EY2, EY6, EY30 EY37 ve EY43 bakteri ırklarının sürgün ve kök kuru ağırlıklarını kontrole göre artırdığı tespit edilmiştir (Karlidag ve ark., 2013). Ayrıca Abbaspoor ve ark. (2009) tuzluluk şartlarında buğday bitkisine *P. fluorescens* ve *P. putida* türlerinin inokulasyonu bitki gelişimini artırdığını ifade etmişlerdir. BBAR'lerin tuzluluk stresindeki bitki gelişimini iyileştirmesi; köklerden suyun emilimini artırması, azot alımını artırması, IAA üretimi ve ACC deaminaz aktivitesi ile stres şartlarında sentezlenen etileni engellemesinden ileri gelmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Abiyotik stres faktörleri, bitkilerde morfolojik, anatomik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyde pek çok değişikliklere neden olmaktadır. Özellikle tuzluluk, kurak ve yarı kurak alanları tehdit eden en önemli problemler arasındadır. Tarımsal alanlarda tuzluluğun artması toprağın yapısını bozmakta, bitkilerin ürün kalitesi ve verimliliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Bundan dolayı, kurak ve yarı kurak topraklara sahip bölgelerde toprakların yıkanarak tuzluluğun zararlı etkileri iyileştirilmeye çalışmakla birlikte, bu işlemler zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir.. Bu açıdan daha ucuz ve hızlı bir şekilde olumsuz etkileri azaltacak yeni yöntemlerin geliştirilmesi önemlidir. Bu bakımdan, stres şartlarında bitki büyümesini artıran rizobakteriler etkili olabilmektedir. Bitki büyümesini arttıran rizobakteriler çevreden kaynaklanan bir veya daha fazla stres faktörünün zararlı etkisini önleyebilmektedir. Çalışmamızda kullandığımız BBAR'ler tuzlu şartlarda yaşayabilme özelliğine sahip olup, elma ve kiraz fidanlarında tuzluluk stresine karşı tepkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen veriler ise aşağıda özetlenmiştir.

Gövde çapı, sürgün uzunluğu, sürgün çapı, yaprak alanı, bitki ve kök kuru ağırlıkları gibi morfolojik verileri incelediğimizde, elma ve kiraz türlerinde hem tuzlandırılmış toprakta hem de tuz uygulaması yapılan toprakta tuz stresi ile birlikte azalmalar olduğu görülmektedir. Ancak bakteri uygulamaları ile bu azalışların bitkiler tarafından tolere edilebildiği de görülmüştür. Tuzlandırılmış toprak ile denemeye başlanması bu morfolojik özelliklerde tuz uygulaması yapılan topraktaki verilere göre daha düşük değerler elde etmemize neden olmuştur. Bakteri uygulamaları ise her iki tuz uygulamasında da tuz gurubuna göre bu özelliklerde artış sağlamıştır. Fuji elma çeşidine ait fidanlarda tuzlandırılmış toprakta her iki yılda da gövde çapı, sürgün uzunluğu, sürgün çapı, yaprak alanı, bitki ve kök kuru ağırlıklarında tuz gurubuna göre en fazla artış EY43 bakteri ırkından elde edilmiş olup, EY37 ve EY2 bakteri ırkları da ön planda olmuştur.. Yine 0900 Ziraat çeşidinde, elmada olduğu gibi her iki tuz uygulamasında EY43, EY37 ve EY2 bakteri uygulamaları ön plana çıkmıştır. Denememizde yapmış olduğumuz EY2, EY6, EY30, EY37 ve EY43 bakteri uygulamalarında elma ve kiraz türünde farklı tuz uygulamalarında bile EY2, EY43 ve EY37 bakteri ırklarının morfolojik özelliklerde tuz stresine karşı dayanıklılık sağladığı söylenebilmektedir.

Bitkiler tuzluluk, kuraklık ve yüksek sıcaklık gibi stres şartlarıyla karşılaştıklarında stomalarını kapatıp su kaybını en aza indirmeye çalışmaktadır.

Böylelikle fotosentez ve büyüme faaliyetleri azalmaktadır. Nitekim bizim çalışmamızda da tuzlandırılmış toprak ve tuz uygulaması yapılan toprakta her iki türde de tuz stresiyle birlikte fotosentez etkinliği ve stoma iletkenliğinde azalışlar olmuştur. Elma ve kiraz türlerinin her ikisinde de fotosentez etkinliğinde EY43, EY37 ve EY2 bakteri ırkları tuz stresindeki bitkilerde en fazla artışı sağlamıştır. Her iki tuz uygulaması yapılan topraktaki elma ve kiraz fidanlarında yine EY43, EY37 ve EY2 ırkları ön plana çıkmıştır. (Çizelge 4.9. ve Çizelge 4.10.)

Tuz stresiyle birlikte Fuji ve 0900 Ziraat çeşitlerinde hücre membranlarında zararlanma ve yaprak nispi su içeriklerinde azalışlar meydana gelmiştir. Nitekim Fuji elma çeşidinde her iki tuz uygulaması yapılan toprakta tuz gurubu bitkilerinde membran geçirgenliği artmış olup, bu artış bakteri uygulamaları ile azalmıştır. EY37 membran zararlanmasını en aza indiren bakteri ırkı olmuştur. 0900 Ziraat çeşidinde daha fazla membran zararlanması meydana gelmiş olup, bu zararlı etkiyi ise EY43 bakteri ırkı en aza indirmiştir. Yaprak nispi su içeriklerinde ise hem tuzlandırılmış toprak hem de tuz uygulaması yapılan toprakta Fuji ve 0900 Ziraat çeşidinde kontrol bitkilerinden sonra en yüksek değerler EY43 bakteri ırkından elde edilmiştir. (Çizelge 4.13. ve Çizelge 4.14.)

Bitkilerde stres şartlarında oluşan radikalleri etkisiz hale getirmek için SOD, KAT, POD, GR gibi antioksidan enzimler sentezlenmektedir. Çalışmamızda KAT, POD ve SOD enzim aktivitelerini incelediğimizde Fuji ve 0900 Ziraat çeşidinde bakteri uygulamalarında birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Fuji elma çeşidinde tuzlandırılmış toprakta KAT aktivitesinde EY37, POD ve SOD aktivitesinde ise EY43 bakteri ırkı en yüksek enzim aktivitesine sahip olmuştur. Tuz uygulaması yapılan toprakta ise KAT aktivitesinde EY30, POD aktivitesinde EY43 ve SOD aktivitesinde ise EY2 bakteri ırkı en yüksek enzim aktivitesine sahip olmuştur. 0900 Ziraat kiraz çeşidinde tuzlandırılmış toprakta KAT, POD ve SOD aktivitelerinde EY43 ve EY37 bakteri ırkları, tuz uygulaması yapılan toprakta ise EY43, EY37 ve EY2 bakteri ırkları en fazla enzim aktivitesine sahip olarak ön plana çıkmıştır. Ancak, yalnız tuz stresindeki bitkilerde KAT aktivitesinde 0900 Ziraat çeşidi, POD ve SOD aktivitesinde ise Fuji elma çeşidi daha iyi değerler vermiştir.

Çalışmada yapılan her iki tuz uygulamasında her iki yılda da en fazla MDA ve H_2O_2 miktarları yalnızca tuz stresi altındaki bitkilerden elde edilmiş olup, bakteri uygulamaları genel olarak MDA ve H_2O_2 miktarlarında azalmaya sebep olmuştur. Tuz stresinin neden olduğu lipid peroksidasyonunda Fuji elma çeşidinde ve 0900 Ziraat kiraz çeşidinde en fazla azalışlar EY43 ve EY37 bakteri ırklarından elde edilmiştir. Stres

koşullarında hücrelerde fazla miktarlarda biriken H_2O_2 zararlı etkilere sahiptir. Bu etkilere tolerans sağlama da H_2O_2 birikimini azaltan rizobakteriler önemli rol oynamaktadır. Fuji elma ve 0900 Ziraat kiraz çeşitlerinde yine kontrolden sonra en az H_2O_2 birikimi ile EY43 ve EY37 bakteri ırkları ön plana çıkmıştır.

Elma ve kiraz fidanlarında tuz stresi ile birlikte protein miktarlarında azalış ve prolin miktarlarında artış gözlenmiştir. Ancak bu azalışlar bakteri uygulamaları ile ortadan kaldırılmaya çalışılmış ve böylece bitkilerin strese karşı dayanıklık sağladığı bulunmuştur. Her iki çeşitte de protein miktarlarında en düşük değerler yalnızca tuz uygulaması olan bitkilerden elde edilmiştir. Elma ve kiraz çeşitlerinde her iki tuz uygulamasında da EY43 bakteri ırkı stres ile azalan protein miktarlarında en iyi artışları sağlamıştır. Prolin miktarlarında tuzlandırılmış toprakta elmada EY2, kirazda EY30 ve tuz uygulaması yapılan toprakta elmada ve kirazda EY43 bakteri ırkları daha fazla prolin birikimi sağlamışlardır.

Bakteri uygulamalarıyla makro ve mikro besin elementi miktarlarında tuz stresi altındaki elma ve kiraz fidanlarında her iki yılda da artış sağlanmıştır. Tuzlandırılmış toprakta Fuji elma çeşidinde makro besin elementi içeriklerinde EY2 ve EY43 bakteri ırkları ön plana çıkarken, 0900 Ziraat kiraz çeşidinde EY2 bakteri ırkı önemli artışlarda bulunmuştur. Elmada EY2 bakteri ırkı yapraklardaki Na içeriğini azaltırken, EY43 bakteri ırkı N, P, K ve Ca içeriklerinde artış sağlamıştır. Kirazda ise yine EY2, Na içeriğini azaltmıştır ve P, K ve Mg içeriklerini artırmıştır. Tuzlandırılmış toprakta mikro besin elementi içerikleri incelendiğinde ise, elmada Zn, Fe, Mn, Cu ve B'da en çok artış EY43 bakteri uygulamasında olmuştur. Ancak kiraz fidanlarında bu mikro elementlerde en çok artış EY2 ve EY6 bakteri ırklarından sağlanmıştır.

Tuz uygulaması yapılan toprakta da bakteri uygulamaları makro ve mikro besin elementi alınımında önemli etkilere sahip olmuştur. Elma fidanlarının yapraklarında makro besin elementi içeriklerine bakteri uygulamalarının etkisi farklılıklar göstermiştir. Nitekim ilk yıl N ve P içeriğinde EY30 ve K ve Ca içeriğinde EY43 bakteri ırkları ön plana çıkarken, ikinci yıl EY30 bakteri ırkı P ve Ca içeriklerinde EY43 N ve Mg içeriklerinde artış sağlamıştır. Kirazda ise yapraklardaki N, P ve Mg içeriklerinde EY43 bakteri ırkı ön plana çıkmıştır. Na içeriğindeki azalmada ise elma ve kiraz fidanlarında EY2, EY6 ve EY37 bakteri ırkları kontrole göre iyi sonuçlar vermiştir. Mikro besin elementi içeriklerinde elmada Fe ve Cu içeriklerinde EY43 bakteri ırkının Zn, Mn ve B içeriklerinde ise yıllara göre değişmekle birlikte EY2, EY30 ve EY37 bakteri ırklarının etkisi ön plana çıkmıştır. Kirazda da mikro besin elementi içeriklerinde elmaya benzer

sonuçlar elde edilmiş olup Fe ve Cu içeriklerinde EY43 bakteri ırkı Zn, Mn ve B içeriklerinde EY6, EY30 ve EY37 bakteri ırkları iyi sonuçlar vermiştir.

Çalışmamızda yapılan bitki büyümeyi düzenleyici madde analizlerinde hem tuzlandırılmış toprak hem de tuz uygulaması yapılan toprakta EY2, EY37 ve EY43 bakteri ırklarının ön plana çıktığı görülmüştür. M9 anacına aşılı Fuji elma çeşidinde her iki tuz uygulamasında da giberellik asit ve absisisk asit miktarında EY43 bakteri uygulaması en iyi sonuçları verirken indol asetik asit miktarında EY2 bakteri uygulaması en yüksek değerleri vermiştir. MaXMa 14 anacına aşılı 0900 Ziraat çeşidinde ise giberellik asitte EY43, absisik asitte EY37 ve indol asetik asitte EY2 bakteri uygulamalarının en yüksek değerler verdiği tespit edilmiştir.

5.2 Öneriler

Günümüzde tarımsal üretim alanları birçok abiyotik ve biyotik stresin etkisindedir. Abiyotik stres faktörlerinden tuzluluk ise toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran en önemli faktörlerden biridir. Toprak tuzluluğu genellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmakta ve bu bölgelerde yanlış sulama uygulamaları yapılması halinde tuzlanma hızlı bir şekilde artmaktadır. Tuz stresinin bitki gelişimi ve verim üzerine olan ciddi etkilerini azaltmak için yapılan girişimlerin çoğu kimyasal ıslah odaklı olmaktadır. Ancak son zamanlarda ise biyolojik bir yaklaşım olan bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin kullanımı öne çıkmıştır. Stres şartlarında ACC deaminaz üretici bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin kullanımı bitki gelişimini belli ölçüde teşvik edilebileceği bildirilmektedir. Bakteri-kök birlikteliğinde bakteriler bitkiye büyük bir fayda sağlamasa bile, etilen düzeyinin azaltılması yoluyla faydalı etkileri gözlenmektedir.. Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin yaygın olarak kullanımının önündeki en büyük engel ise; bu organizmaların yüksek konsantrasyonlarda tuz ve kirleticinin bulunduğu ortamlar, aşırı pH ve sıcaklık durumu ve bu bakterilerle yarışan veya onları yok eden bakterilerin bulunması gibi sert çevre şartlarında yaşamlarını sürekli devam ettirememeleridir. Bu problemin muhtemel çözümü bitki gelişimini teşvik eden endofitik bakterilerin kullanımının yaygınlaştırılması olarak görülmektedir (Sturz ve Nowak, 2000). Gelecekte etkin ACC deaminaz aktivitesi gösteren bakterilere ilave olarak, bitki gelişimini teşvik edici bakterilerle bitki antioksidan enzim aktivitesinin artırılması ve dolayısıyla bitkilerin tuzluluk, düşük sıcaklık ve kuraklık stresine karşı dayanıklılığının artırılma olanakları üzerine yoğun araştırmalar yapılmalı ve uygun ve etkin bakteri-bitki kombinasyonları ortaya konulmalıdır.

Bizim çalışmamız da ise tuzlu toprak şartlarında yetiştirilen çok yıllık meyve türlerinde etki yapabilecek faydalı bakterilerin belirlenmesinin;

- İnsan, çevre ve diğer canlılar üzerine olumsuz etkileri olmayan, maliyeti düşük bakteri uygulaması ile bu gibi alanlarda meyve yetiştiriciliğinin daha az girdi ile yapılmasını sağlayarak daha kârlı üretim yapılmasını teşvik edeceği,
- Araştırma sonuçları ile ülkemizde tuzlanma problemi görülen bazı alanlarda meyve yetiştiriciliği yapılabileceği,
- Biyo-ajan belirlenmesi ve bunların fabrikasyon olarak kullanılabilecek hale getirilmesi ülkemizde daha az girdi ile daha yüksek meyve üretiminin gerçekleşmesini sağlayacağı,

- Elde edilecek sonuçlar literatürdeki boşluğu dolduracak ve gerek ülkemizde ve gerekse dünyada bu konuda yapılacak çalışmalara öncü olacağı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

Aamir, M., Aslam, A., Khan, M. Y., Jamshaid, M., Ahmad, M., Asghar, H. ve Zahir, Z., 2013, Co-inoculation with rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for inducing salinity tolerance in mung bean under field condition of semi-arid climate, *Asian J Agric Biol*, 1, 17-22.

Abbaspoor, A., Zabihi, H. R., Movafegh, S. ve Asl, M. A., 2009, The efficiency of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of two varieties of wheat in salinity condition, *Am Eurasian J Sustain Agric*, 3 (4), 824-828.

Abeer, H., ABD_ALLAH, E., Alqarawi, A. ve Al-Huqail, A. A., 2015, Impact of plant growth promoting bacillus subtilis on growth and physiological parameters of bassia indica (indian bassia) grown udder salt stress, *Pak. J. Bot*, 47 (5), 1735-1741.

Ábrahám, E., Rigó, G., Székely, G., Nagy, R., Koncz, C. ve Szabados, L., 2003, Light-dependent induction of proline biosynthesis by abscisic acid and salt stress is inhibited by brassinosteroid in Arabidopsis, *Plant molecular biology*, 51 (3), 363-372.

Agarwal, S. ve Pandey, V., 2004, Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in Cassia angustifolia, *Biologia Plantarum*, 48 (4), 555-560.

Ahemad, M. ve Kibret, M., 2014, Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective, *Journal of King Saud University-Science*, 26 (1), 1-20.

Ahmad, M., Zahir, Z. A., Asghar, H. N. ve Asghar, M., 2011, Inducing salt tolerance in mung bean through coinoculation with rhizobia and plant-growth-promoting rhizobacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase, *Canadian journal of microbiology*, 57 (7), 578-589.

Ahmad, M., Zahir, Z. A., Khalid, M., Nazli, F. ve Arshad, M., 2013a, Efficacy of Rhizobium and Pseudomonas strains to improve physiology, ionic balance and quality of mung bean under salt-affected conditions on farmer's fields, *Plant physiology and biochemistry*, 63, 170-176.

Ahmad, M., Zahir, Z. A., Nazli, F., Akram, F., Arshad, M. ve Khalid, M., 2013b, Effectiveness of halo-tolerant, auxin producing Pseudomonas and Rhizobium strains to improve osmotic stress tolerance in mung bean (Vigna radiata L.), *Brazilian Journal of Microbiology*, 44 (4), 1341-1348.

Akhgar, A., Arzanlou, M., Bakker, P. ve Hamidpour, M., 2014, Characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase-containing Pseudomonas spp. in the rhizosphere of salt-stressed canola, *Pedosphere*, 24 (4), 461-468.

Albacete, A., Ghanem, M. E., Martínez-Andújar, C., Acosta, M., Sánchez-Bravo, J., Martínez, V., Lutts, S., Dodd, I. C. ve Pérez-Alfocea, F., 2008, Hormonal changes in relation to biomass partitioning and shoot growth impairment in salinized tomato (Solanum lycopersicum L.) plants, *Journal of experimental botany*, 59 (15), 4119-4131.

Ali, Z., Ullah, N., Naseem, S., Haq, M. I. U. ve Jacobsen, H. J., 2015, Soil bacteria conferred a positive relationship and improved salt stress tolerance in transgenic pea (Pisum sativum L.) harboring Na+/H+ antiporter, *Turkish Journal of Botany*, 39 (6), 962-972.

Allakhverdiev, S. I., Nishiyama, Y., Suzuki, I., Tasaka, Y. ve Murata, N., 1999, Genetic engineering of the unsaturation of fatty acids in membrane lipids alters the

tolerance of Synechocystis to salt stress, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96 (10), 5862-5867.

Angelini, R. ve Federico, R., 1989, Histochemical evidence of polyamine oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall, *Journal of Plant Physiology*, 135 (2), 212-217.

Anonim, 1992, FAO: The use of saline waters for crop production - FAO irrigation and drainage. http://www.fao.org/docrep/T0667E/T0667E00.htm, Rome,

Anonim, 2009, Elma Yetiştiriciliği, In: Bahçecilik, Eds: Bakanlığı, M. E., p.

Anonim, 2013, Kiraz Yetiştiriciliği, In: Bahçecilik, Eds: Bakanlığı, M. E., p.

Antoun, H., 2002, Field and greenhouse trials performed with phosphate-solubilizing bacteria and fungi, *First International meeting on microbial phosphate solubilization. Salamanca, Spain*, 16-19.

Antoun, H. ve Prévost, D., 2005, Ecology of plant growth promoting rhizobacteria, In: PGPR: Biocontrol and biofertilization, Eds: Springer, p. 1-38.

Apel, K. ve Hirt, H., 2004, Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55, 373-399.

Apse, M. P., Aharon, G. S., Snedden, W. A. ve Blumwald, E., 1999, Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na+/H+ antiport in Arabidopsis, *Science*, 285 (5431), 1256-1258.

Arikan, Ş., İpek, M. ve Pirlak, L., 2016, Effect Of Some Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgpr) On Growth, Leaf Water Content And Membrane Permeability Of Two Citrus Rootstock Under Salt Stress Condition. VII International Scientific Agriculture Symposium. Kovacevic, D. Jahorina, Bosnia and Herzegovina**:** 845-850.

Arikan, Ş. ve Pirlak, L., 2016, Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth, Yield and Fruit Quality of Sour Cherry (Prunus cerasus L.), *Erwerbs-Obstbau*, 58 (4), 221-226.

Arora, N. K., Tewari, S., Singh, S., Lal, N. ve Maheshwari, D. K., 2012, PGPR for protection of plant health under saline conditions, In: Bacteria in agrobiology: Stress management, Eds: Springer, p. 239-258.

Arshad, M. ve Frankenberger, J., 2002, Ethylene: agricultural sources and applications, Kluwer Academic/Plenum, New York, New York, USA.

Asada, K., 1987, Production and scavenging of active oxygen in photosynthesis, *Plant Physiology*, 141 (2), 391-396.

Asada, K., 1994, Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues, In: Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants, Eds: CRC, p. 77-104.

Asghar, H., Zahir, Z., Arshad, M. ve Khaliq, A., 2002, Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth-promoting activities in Brassica juncea L, *Biology and Fertility of Soils*, 35 (4), 231-237.

Ashraf, M., McNeilly, T. ve Bradshaw, A., 1986, The potential for evolution of salt (NaCl) tolerance in seven grass species, *New Phytologist*, 103 (2), 299-309.

Ashraf, M. ve Shahbaz, M., 2003, Assessment of genotypic variation in salt tolerance of early CIMMYT hexaploid wheat germplasm using photosynthetic capacity and water relations as selection criteria, *Photosynthetica*, 41 (2), 273-280.

Ashraf, M., 2004, Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants, *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199 (5), 361-376.

Ashraf, M. ve Harris, P., 2004, Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants, *Plant Science*, 166 (1), 3-16.

Ashraf, M., Hasnain, S., Berge, O. ve Mahmood, T., 2004, Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress, *Biology and Fertility of Soils*, 40 (3), 157-162.

Ashraf, M. ve Foolad, M., 2007, Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance, *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2), 206-216.

Ashraf, M. ve Ali, Q., 2008, Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (Brassica napus L.), *Environmental and Experimental Botany*, 63 (1), 266-273.

Aslantaş, R., Çakmakçi, R. ve Şahin, F., 2007, Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions, *Scientia Horticulturae*, 111 (4), 371-377.

Bal, H. B., Nayak, L., Das, S. ve Adhya, T. K., 2013, Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress, *Plant and soil*, 366 (1-2), 93-105.

Bano, A. ve Fatima, M., 2009, Salt tolerance in Zea mays (L). following inoculation with Rhizobium and Pseudomonas, *Biology and Fertility of Soils*, 45 (4), 405-413.

Baran, A. ve Doğan, M., 2014, Tuz Stresi Uygulanan Soyada (Glycine max L.) Salisilik Asidin Fizyolojik Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18 (1).

Barka, E. A., Nowak, J. ve Clément, C., 2006, Enhancement of chilling resistance of inoculated grapevine plantlets with a plant growth-promoting rhizobacterium, Burkholderia phytofirmans strain PsJN, *Applied and environmental microbiology*, 72 (11), 7246-7252.

Bartels, D. ve Sunkar, R., 2005, Drought and salt tolerance in plants, *Critical reviews in plant sciences*, 24 (1), 23-58.

Bates, L., Waldren, R. ve Teare, I., 1973, Rapid determination of free proline for water-stress studies, *Plant and soil*, 39 (1), 205-207.

Becker, E. M., Nissen, L. R. ve Skibsted, L. H., 2004, Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects, *European Food Research and Technology*, 219 (6), 561-571.

Belimov, A., Hontzeas, N., Safronova, V., Demchinskaya, S., Piluzza, G., Bullitta, S. ve Glick, B., 2005, Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard (Brassica juncea L. Czern.), *Soil Biology and Biochemistry*, 37 (2), 241-250.

Benhassaini, H., Fetati, A., Hocine, A. K. ve Belkhodja, M., 2012, Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of Pistacia atlantica Desf. subsp. atlantica used as rootstocks, *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 16 (2), 159.

Bertorello, A. M. ve Zhu, J.-K., 2009, SIK1/SOS2 networks: decoding sodium signals via calcium-responsive protein kinase pathways, *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 458 (3), 613.

Bharti, N., Pandey, S. S., Barnawal, D., Patel, V. K. ve Kalra, A., 2016, Plant growth promoting rhizobacteria Dietzia natronolimnaea modulates the expression of stress responsive genes providing protection of wheat from salinity stress, *Scientific Reports*, 6, 1-16.

Biswas, J., Ladha, J. ve Dazzo, F., 2000, Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice, *Soil Science Society of America Journal*, 64.

Bloemberg, G. V. ve Lugtenberg, B. J., 2001, Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria, *Current opinion in plant biology*, 4 (4), 343-350.

Borsani, O., Valpuesta, V. ve Botella, M., 2003, Developing salt tolerant plants in a new century: a molecular biology approach, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73 (2), 101-115.

Botella, M. A., Rosado, A., Bressan, R. A. ve Hasegawa, P. M., 2005, Plant adaptive responses to salinity stress, *Plant abiotic stress*, 37-70.

Bowler, C., Montagu, M. v. ve Inze, D., 1992, Superoxide dismutase and stress tolerance, *Annual review of plant biology*, 43 (1), 83-116.

Bradford, M. M., 1976, A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical biochemistry*, 72 (1-2), 248-254.

Bressan, R., 2008, Stres Fizyolojisi, *Ankara*, Palme Yayıncılık, p.

Brugnoli, E. ve Björkman, O., 1992, Growth of cotton under continuous salinity stress: influence on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy, *Planta*, 187 (3), 335-347.

Büyük, İ., Aydın, S. S., Aras, S. ve Okulu, U. M. Y., 2012, Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69 (2), 97-110.

Cakmakci, R., Erat, M., Oral, B., Erdogan, Ü. ve Şahin, F., 2009, Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84 (4), 375-380.

Campa, A., 1991, Biological roles of plant peroxidases: known and potential function, *Peroxidases in chemistry and biology*, 2, 25-50.

Carillo, P., Annunziata, M. G., Pontecorvo, G., Fuggi, A. ve Woodrow, P., 2011, Salinity stress and salt tolerance, In: Abiotic Stress Plants-Mech. Adapt, Eds, p.

Casierra-Posada, F. ve García, N., 2005, Growth and dry matter partitioning of salt-stressed strawberry cultivars (Fragaria sp.), *Agronomia Colombiana*, 23 (1), 83-89.

Chen, L., Liu, Y., Wu, G., Veronican Njeri, K., Shen, Q., Zhang, N. ve Zhang, R., 2016, Induced maize salt tolerance by rhizosphere inoculation of Bacillus amyloliquefaciens SQR9, *Physiologia plantarum*.

Chen, M., Wei, H., Cao, J., Liu, R., Wang, Y. ve Zheng, C., 2007a, Expression of Bacillus subtilis proBA genes and reduction of feedback inhibition of proline synthesis increases proline production and confers osmotolerance in transgenic Arabidopsis, *BMB Reports*, 40 (3), 396-403.

Chen, S., Li, J., Wang, T., Wang, S., Polle, A. ve Hüttermann, A., 2002, Osmotic stress and ion-specific effects on xylem abscisic acid and the relevance to salinity tolerance in poplar, *Journal of Plant Growth Regulation*, 21 (3), 224-233.

Chen, Z., Cuin, T. A., Zhou, M., Twomey, A., Naidu, B. P. ve Shabala, S., 2007b, Compatible solute accumulation and stress-mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance, *Journal of experimental botany*, 58 (15-16), 4245-4255.

Chowdhury, S. P., Nagarajan, T., Tripathi, R., Mishra, M. N., Le Rudulier, D. ve Tripathi, A. K., 2007, Strain-specific salt tolerance and osmoregulatory mechanisms in Azospirillum brasilense, *FEMS microbiology letters*, 267 (1), 72-79.

Collins, A. R., 2001, Carotenoids and genomic stability, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 475 (1), 21-28.

Coşkun, N. ve Pırlak, L., 2017, Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Branching and Growing of Apple Sapling, *Erwerbs-Obstbau*, 1-5.

Creissen, G., Broadbent, P., Kular, B., Reynolds, H., Wellburn, A. ve Mullineaux, P., 1994, Manipulation of glutathione reductase in transgenic plants: implications for

plants' responses to environmental stress, *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B. Biological Sciences*, 102, 167-175.

Çakmakçı, R., 2005, Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı/Use of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agriculture, *Journal of the Faculty of Agriculture*, 36 (1).

Çakmakçı, R. ve Erdoğan, Ü., 2006, Bitki gelişme promotörü rizobakteri kullanımındaki son gelişmeler: organik tarım perspektif ve uygulamaları, *Türkiye III. Organik Tarım Sempozyumu*, Yalova.

Çakmakçı, R., 2009, Stres Koşullarında ACC Deaminaze Üretici Bakteriler Tarafından Bitki Gelişiminin Teşvik Edilmesi, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Derg.*, 40 (1), 109-125.

Çakmakçı, R., 2014, Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilecek mikroroganizmaların etki mekanizmaları ve özellikleri, *Mikrobiyal Gübre Çalıştayı*, 5-17.

Çimen, B., Yeşiloğlu, T., Yılmaz, B. ve İncesu, M., 2013, Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Turunçgil Anaçlarının Fotosentetik Performansları Üzerine Etkileri, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6 (2), 13-18.

Çulha, Ş. ve Çakırlar, H., 2011, Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 11-34.

Da Costa, M., Santos, H. ve Galinski, E., 1998, An overview of the role and diversity of compatible solutes in Bacteria and Archaea, *Biotechnology of extremophiles*, 117-153.

Dasgan, H. Y., Aktas, H., Abak, K. ve Cakmak, I., 2002, Determination of screening techniques to salinity tolerance in tomatoes and investigation of genotype responses, *Plant Science*, 163 (4), 695-703.

Davies, K. J., 2000, Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems, *IUBMB life*, 50 (4-5), 279-289.

Dietz, K.-J., Tavakoli, N., Kluge, C., Mimura, T., Sharma, S., Harris, G., Chardonnens, A. ve Golldack, D., 2001, Significance of the V-type ATPase for the adaptation to stressful growth conditions and its regulation on the molecular and biochemical level, *Journal of experimental botany*, 52 (363), 1969-1980.

Dilmaçünal, T., 2002, 0900 Ziraat Benzeri Bazi Kiraz çesitlerinin Döllenme Biyolojileri Üzerine Bir Arastirma Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta*.

Dixit, V., Pandey, V. ve Shyam, R., 2001, Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (Pisum sativum L. cv. Azad), *Journal of experimental botany*, 52 (358), 1101-1109.

Djilianov, D., Georgieva, T., Moyankova, D., Atanassov, A., Shinozaki, K., Smeeken, S., Verma, D. ve Murata, N., 2005, Improved abiotic stress tolerance in plants by accumulation of osmoprotectants—gene transfer approach, *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 19 (sup3), 63-71.

Dölarslan, M. ve Gül, E., 2012, Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (2), 56-59.

Dutta Gupta, S., 2007, Plasma membrane ultrastructure in embryogenic cultures of orchardgrass during NaCl stress, *Biologia Plantarum*, 51 (4), 759-763.

Egamberdieva, D., 2009, Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat, *Acta Physiologiae Plantarum*, 31 (4), 861-864.

Ekmekçi, E., Apan, M. ve Kara, T., 2005, Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, *J. of Fac. of Agric., OMU*, 20 (3), 118-125.

Elstner, E. F., 1987, Metabolism of activated oxygen species, *The Biochemistry of plants: a comprehensive treatise (USA)*.

Epstein, E., Norlyn, J. D., Rush, D. W., Kingsbury, R. W., Kelley, D. B., Cunningham, G. A. ve Wrona, A. F., 1980, Saline culture of crops: a genetic approach, *Science*, 210 (4468), 399-404.

Epstein, E., 1985, Salt-tolerant crops: origins, development, and prospects of the concept, In: Biosalinity in Action: Bioproduction with Saline Water, Eds: Springer, p. 187-198.

Eroğul, D., 2013, Kiraz yetiştiriciliğinde anaçların kullanımı, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 19-24.

Esin, F., 2007, Bazı Çilek Çeşitlerinde NaCl Uygulamasının Bitki Gelişimi ve İyon

İçeriği Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi*, 31.

Esitken, A., Karlidag, H., Ercisli, S., Turan, M. ve Sahin, F., 2003, The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (Prunus armeniaca L. cv. Hacihaliloglu), *Crop and Pasture Science*, 54 (4), 377-380.

Esitken, A., Pirlak, L., Turan, M. ve Sahin, F., 2006, Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry, *Scientia Horticulturae*, 110 (4), 324-327.

Esitken, A., 2011, Use of plant growth promoting rhizobacteria in horticultural crops, In: Bacteria in Agrobiology: Crop Ecosystems, Eds: Springer, p. 189-235.

Fernando, W. D., Nakkeeran, S. ve Zhang, Y., 2005, Biosynthesis of antibiotics by PGPR and its relation in biocontrol of plant diseases, In: PGPR: Biocontrol and Biofertilization, Eds: Springer, p. 67-109.

Foyer, C. H. ve Harbinson, J., 1994, Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport, *Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants*, 1-42.

Foyer, C. H., Lelandais, M. ve Kunert, K. J., 1994, Photooxidative stress in plants, *Physiologia plantarum*, 92 (4), 696-717.

Foyer, C. H., Lopez-Delgado, H., Dat, J. F. ve Scott, I. M., 1997, Hydrogen peroxide-and glutathione-associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signalling, *Physiologia plantarum*, 100 (2), 241-254.

Foyer, C. H. ve Noctor, G., 2005, Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses, *The Plant Cell*, 17 (7), 1866-1875.

Fuentes-Ramirez, L. E. ve Caballero-Mellado, J., 2005, Bacterial biofertilizers, In: PGPR: Biocontrol and biofertilization, Eds: Springer, p. 143-172.

Gadd, G. M., 1999, Fungal production of citric and oxalic acid: importance in metal speciation, physiology and biogeochemical processes, *Advances in microbial physiology*, 41, 47-92.

Gechev, T. S., Van Breusegem, F., Stone, J. M., Denev, I. ve Laloi, C., 2006, Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses and programmed cell death, *Bioessays*, 28 (11), 1091-1101.

Ghassemi-Golezani, K., Taifeh-Noori, M., Oustan, S. ve Moghaddam, M., 2009, Response of soybean cultivars to salinity stress, *J. Food Agric. Environ*, 7 (2), 401-404.

Ghorai, S., Pal, K. ve Dey, R., 2015, Alleviation of salinity stress in groundnut by application of PGPR, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2 (3), 742-750.

Gill, S. S. ve Tuteja, N., 2010, Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant physiology and biochemistry*, 48 (12), 909-930.

Glenn, E. P., Brown, J. ve Khan, M. J., 1997, Mechanisms of salt tolerance in higher plants, *The university of Arizona*, 83-119.

Glick, B. R., Penrose, D. M. ve Li, J., 1998, A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria, *Journal of theoretical biology*, 190 (1), 63-68.

Glick, B. R., Patten, C. L., Holguin, G. ve Penrose, D., 1999, Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria, World Scientific, p.

Golpayegani, A. ve Tilebeni, H. G., 2011, Effect of biological fertilizers on biochemical and physiological parameters of basil (Ociumum basilicm L.) medicine plant, *Am Eurasian J Agric Environ Sci*, 11, 411-416.

Gond, S. K., Bergen, M. S., Torres, M. S., White, J. F. ve Kharwar, R. N., 2015, Effect of bacterial endophyte on expression of defense genes in Indian popcorn against Fusarium moniliforme, *Symbiosis*, 66 (3), 133-140.

Gong, Y., Toivonen, P. M., Lau, O. ve Wiersma, P. A., 2001, Antioxidant system level in'Braeburn'apple is related to its browning disorder, *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 42, 259-264.

Gopal, S., Chandrasekaran, M., Shagol, C., Kim, K.-Y. ve Sa, T.-M., 2012, Spore Associated Bacteria (SAB) of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Increase Nutrient Uptake and Plant Growth Under Stress Conditions, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 45 (4), 582-592.

Greenway, H. ve Munns, R., 1980, Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes, *Annual review of plant physiology*, 31 (1), 149-190.

Gundlach, H., Müller, M. J., Kutchan, T. M. ve Zenk, M. H., 1992, Jasmonic acid is a signal transducer in elicitor-induced plant cell cultures, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89 (6), 2389-2393.

Gupta, N., Meena, S., Gupta, S. ve Khandelwal, S., 2002, Gas exchange, membrane permeability, and ion uptake in two species of Indian jujube differing in salt tolerance, *Photosynthetica*, 40 (4), 535-539.

Gururani, M. A., Upadhyaya, C. P., Baskar, V., Venkatesh, J., Nookaraju, A. ve Park, S. W., 2013, Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in Solanum tuberosum through inducing changes in the expression of ROS-scavenging enzymes and improved photosynthetic performance, *Journal of Plant Growth Regulation*, 32 (2), 245-258.

Güneş, A., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F. ve Karaman, M. R., 2013, Farklı Bakteri Uygulamalarının Kaya Fosfatının Çözünürlüğü Üzerine Etkisi, *Toprak Su Dergisi*, 2 (1), 53-61.

Habib, S. H., Kausar, H. ve Saud, H. M., 2016, Plant growth-promoting Rhizobacteria enhance salinity stress tolerance in Okra through ROS-scavenging enzymes, *BioMed research international*, 2016, 1-11.

Halfter, U., Ishitani, M. ve Zhu, J.-K., 2000, The Arabidopsis SOS2 protein kinase physically interacts with and is activated by the calcium-binding protein SOS3, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (7), 3735-3740.

Halliwell, B., 1981, Free radicals, oxygen toxicity and aging, *Age pigments*, 1-62.

Han, H. ve Lee, K., 2005a, Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity, *Res J Agric Biol Sci*, 1 (3), 210-215.

Han, H. ve Lee, K., 2005b, Physiological responses of soybean-inoculation of Bradyrhizobium japonicum with PGPR in saline soil conditions, *Res J Agric Biol Sci*, 1 (3), 216-221.

Hanafy, E., A, Zaghloul, R. A., Abou-Aly, H. E., Rahal, A. G. ve Rasha, M. E.-M., 2012, Effect of salt-tolerant PGPR on the activity of some microbial and plant enzymes under saline stress The eleventh conference of agricultural development researches. Faculty of Agric., Ain Shams Univ., Egypt**:** 1-12.

Hare, P. ve Cress, W., 1997, Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants, *Plant Growth Regulation*, 21 (2), 79-102.

Hare, P., Cress, W. ve Van Staden, J., 1998, Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress, *Plant, cell & environment*, 21 (6), 535-553.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J.-K. ve Bohnert, H. J., 2000, Plant cellular and molecular responses to high salinity, *Annual review of plant biology*, 51 (1), 463-499.

Hausladen, A. ve Alscher, R., 1993, Glutathione, *Antioxidants in Higher Plants. CRC Press, Boca Raton, FL*, 1-30.

Havir, E. A. ve McHale, N. A., 1987, Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves, *Plant Physiology*, 84 (2), 450-455.

Heath, R. L. ve Packer, L., 1968, Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation, *Archives of biochemistry and biophysics*, 125 (1), 189-198.

Hecht-Buchholz, C. ve Schuster, J., 1987, Responses of Al-tolerant Dayton and Al-sensitive Kearney barley cultivars to calcium and magnesium during Al stress, *Plant and soil*, 99 (1), 47-61.

Hiraga, S., Sasaki, K., Ito, H., Ohashi, Y. ve Matsui, H., 2001, A large family of class III plant peroxidases, *Plant and Cell Physiology*, 42 (5), 462-468.

Hossain, M. M., Das, K. C., Yesmin, S. ve Shahriar, S., 2016, Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in seed germination and root-shoot development of chickpea (Cicer arietinum L.) under different salinity condition, *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, 3 (1), 105-113.

Huang, B., 2006, Cellular membranes in stress sensing and regulation of plant adaptation to abiotic stresses, In: Plant-Environment Interactions, Third Edition, Eds: CRC Press, p. 1-25.

Hussain, T. M., Hazara, M., Sultan, Z., Saleh, B. K. ve Gopal, G. R., 2008, Recent advances in salt stress biology a review, *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 3 (1), 8-13.

Ipek, M., Pirlak, L., Esitken, A., Figen Dönmez, M., Turan, M. ve Sahin, F., 2014, Plant growth-promoting rhizobacteria (pgpr) increase yield, growth and nutrition of strawberry under high-calcareous soil conditions, *Journal of plant nutrition*, 37 (7), 990-1001.

İpek, M., Pırlak, L., Eşitken, A., Donmez, M. ve Şahin, F., 2009, Kireçli topraklarda yetiştirilen çilekte bitki büyümesini artıran bakterilerin (BBAB) verim ve gelişme üzerine etkileri. III, *Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, Kahramanmaraş*, 73-77.

İpek, M., 2015, In Vıtro Şartlarda Garnem ve Myrobolan 29C Anaçlarının Kurak Stresine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, KONYA, 142.

Ivanov, B., Asada, K., Kramer, D. M. ve Edwards, G., 2005, Characterization of photosynthetic electron transport in bundle sheath cells of maize. I. Ascorbate effectively stimulates cyclic electron flow around PSI, *Planta*, 220 (4), 572-581.

Iyengar, E. ve Reddy, M., 1996, Photosynthesis in highly salt tolerant plants, In: Handbook of photosynthesis, Eds: Dekar, M., *USA*: Baten Rose,, p.

Jain, M., Mathur, G., Koul, S. ve Sarin, N., 2001, Ameliorative effects of proline on salt stress-induced lipid peroxidation in cell lines of groundnut (Arachis hypogaea L.), *Plant Cell Reports*, 20 (5), 463-468.

Jamei, R., Heidari, R., Khara, J. ve Zare, S., 2009, Hypoxia induced changes in the lipid peroxidation, membrane permeability, reactive oxygen species generation, and antioxidative response systems in Zea mays leaves, *Turkish Journal of Biology*, 33 (1), 45-52.

Jha, Y. ve Subramanian, R., 2013, Paddy plants inoculated with PGPR show better growth physiology and nutrient content under saline condition, *Chilean journal of agricultural research*, 73 (3), 213-219.

Jha, Y. ve Subramanian, R., 2014, PGPR regulate caspase-like activity, programmed cell death, and antioxidant enzyme activity in paddy under salinity, *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20 (2), 201-207.

Jodeh, S., Alkowni, R., Hamed, R. ve Samhan, S., 2015, The Study of Electrolyte Leakage from Barley (Hordeum vulgare L) and Pearlmillet Using Plant Growth Promotion (PGPR) and Reverse Osmosis, *Journal of Food and Nutrition Research*, 3 (7), 422-429.

Jones Jr, J. B., Wolf, B. ve Mills, H. A., 1991, Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide, Micro-Macro Publishing, Inc., p.

Kanber, R., Kırda, C. ve Tekinel, O., 1992, Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları, *ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın* (21).

Kang, S.-M., Khan, A. L., Waqas, M., You, Y.-H., Kim, J.-H., Kim, J.-G., Hamayun, M. ve Lee, I.-J., 2014a, Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in Cucumis sativus, *Journal of Plant Interactions*, 9 (1), 673-682.

Kang, S.-M., Waqas, M., Khan, A. L. ve Lee, I.-J., 2014b, Plant-growth-promoting rhizobacteria: potential candidates for gibberellins production and crop growth promotion, In: Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses, Eds: Springer, p. 1-19.

Kao, W.-Y., Tsai, T.-T. ve Shih, C.-N., 2003, Photosynthetic gas exchange and chlorophyll a fluorescence of three wild soybean species in response to NaCl treatments, *Photosynthetica*, 41 (3), 415-419.

Kara, T. ve Apan, M., 2000, Tuzlu taban suyunun sulamada tekrar kullanımı için bir hesaplama yöntemi, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (3), 62-67.

Kardaş, Ş. ve Ökmen, G., 2014, ACC Deaminaz ve Mikroorganizmalar, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 7 (1), 69-78.

Karlidag, H., Esitken, A., Yildirim, E., Donmez, M. F. ve Turan, M., 2011a, Effects of plant growth promoting bacteria on yield, growth, leaf water content, membrane permeability, and ionic composition of strawberry under saline conditions, *Journal of plant nutrition*, 34 (1), 34-45.

Karlidag, H., Yildirim, E. ve Turan, M., 2011b, Role of 24-epibrassinolide in mitigating the adverse effects of salt stress on stomatal conductance, membrane permeability, and leaf water content, ionic composition in salt stressed strawberry (Fragaria× ananassa), *Scientia Horticulturae*, 130 (1), 133-140.

Karlidag, H., Yildirim, E., Turan, M., Pehluvan, M. ve Donmez, F., 2013, Plant growth-promoting rhizobacteria mitigate deleterious effects of salt stress on strawberry plants (Fragaria× ananassa), *HortScience*, 48 (5), 563-567.

Kausar, R. ve Shahzad, S., 2006, Effect of ACC-deaminase containing rhizobacteria on growth promotion of maize under salinity stress, *J Agric Soc Sci*, 2 (4), 216-218.

Kaya, C., Higgs, D., Ince, F., Amador, B. M., Cakir, A. ve Sakar, E., 2003, Ameliorative Effects of Potassium Phosphate on Salt-Stressed Pepper and Cucumber, *Journal of plant nutrition*, 26 (4), 807-820.

Kepenek, K. ve Koyuncu, F., 2000, Studies on the salt tolerance of some strawberry cultivars under glasshouse, *International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity* 297-304.

Khalid, A., Arshad, M. ve Zahir, Z., 2004, Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat, *Journal of Applied Microbiology*, 96 (3), 473-480.

Kiani, M. Z., Ali, A., Sultan, T., Ahmad, R. ve Hydar, S. I., 2015, Plant Growth Promoting Rhizobacteria Having 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic Acid Deaminase to Induce Salt Tolerance in Sunflower (Helianthus annus L.), *Natural Resources*, 6 (06), 391.

Kılıç, C. C., 2005, Satsuma Mandarininde Tuz Stresinin Biyokimyasal Etkilerinin Kontrolüne Yönelik Teknikler, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi* İzmir, 487.

Kim, K.-Y., Huh, G.-H., Lee, H.-S., Kwon, S.-Y., Hur, Y. ve Kwak, S.-S., 1999, Molecular characterization of cDNAs for two anionic peroxidases from suspension cultures of sweet potato, *Molecular and General Genetics MGG*, 261 (6), 941-947.

Kim, S.-Y., Lim, J.-H., Park, M.-R., Kim, Y.-J., Park, T.-I., Seo, Y.-W., Choi, K.-G. ve Yun, S.-J., 2005, Enhanced antioxidant enzymes are associated with reduced hydrogen peroxide in barley roots under saline stress, *BMB Reports*, 38 (2), 218-224.

Kloepper, J. W., 1994, Plant growth-promoting rhizobacteria (other systems), In: Azospirillum/plant associations, Eds: Okon, Y.: CRC Press, p. 137-166.

Kohler, J., Hernández, J. A., Caravaca, F. ve Roldán, A., 2009, Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress, *Environmental and Experimental Botany*, 65 (2), 245-252.

Kruk, J., Holländer-Czytko, H., Oettmeier, W. ve Trebst, A., 2005, Tocopherol as singlet oxygen scavenger in photosystem II, *Journal of Plant Physiology*, 162 (7), 749-757.

Kucey, R. M. N., Janzen, H. ve Leggett, M., 1989, Microbially mediated increases in plant-available phosphorus, *Advances in Agronomy*, 42, 199-228.

Kuiper, D., Schuit, J. ve Kuiper, P., 1990, Actual cytokinin concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals, *Plant and soil*, 123 (2), 243-250.

Kumar, V. ve Narula, N., 1999, Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by Azotobacter chroococcum mutants, *Biology and Fertility of Soils*, 28 (3), 301-305.

Kumari, S., Vaishnav, A., Jain, S., Varma, A. ve Choudhary, D. K., 2015, Bacterial-mediated induction of systemic tolerance to salinity with expression of stress alleviating enzymes in soybean (Glycine max L. Merrill), *Journal of Plant Growth Regulation*, 34 (3), 558-573.

Kuşcu, A., 2006, Yazlık Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.) Veriminde Son Çeyrek Yüzyılda Gerçekleşen İlerlemelerin Morfolojik ve Fizyolojik Esasları, , Doktora Tezi,, *Çukurova Üniv.*, Adana.

Kuşvuran, Ş., 2010, Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi*, Adana, 355.

Kwiatowsky, J., 1998, Salinity Classification, *Mapping and Management in Alberta, Her Majesty the Queen in the Right of Alberta*.

Lamosa, P., Martins, L. O., Da Costa, M. S. ve Santos, H., 1998, Effects of Temperature, Salinity, and Medium Composition on Compatible Solute Accumulation byThermococcus spp, *Applied and environmental microbiology*, 64 (10), 3591-3598.

Leisinger, U., Rüfenacht, K., Fischer, B., Pesaro, M., Spengler, A., Zehnder, A. J. ve Eggen, R. I., 2001, The glutathione peroxidase homologous gene from Chlamydomonas reinhardtii is transcriptionally up-regulated by singlet oxygen, *Plant molecular biology*, 46 (4), 395-408.

Levitt, J., 1980, Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 2: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses, Academic Press., p. 607.

Løvdal, T., Olsen, K. M., Slimestad, R., Verheul, M. ve Lillo, C., 2010, Synergetic effects of nitrogen depletion, temperature, and light on the content of phenolic compounds and gene expression in leaves of tomato, *Phytochemistry*, 71 (5), 605-613.

Lu, C., Qiu, N., Lu, Q., Wang, B. ve Kuang, T., 2002, Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte Suaeda salsa grown outdoors?, *Plant Science*, 163 (5), 1063-1068.

Lucy, M., Reed, E. ve Glick, B. R., 2004, Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria, *Antonie van Leeuwenhoek*, 86 (1), 1-25.

Lugtenberg, B. ve Kamilova, F., 2009, Plant-growth-promoting rhizobacteria, *Annual review of microbiology*, 63, 541-556.

Luis, A., Corpas, F. J., Sandalio, L. M., Palma, J. M., Gómez, M. ve Barroso, J. B., 2002, Reactive oxygen species, antioxidant systems and nitric oxide in peroxisomes, *Journal of experimental botany*, 53 (372), 1255-1272.

Lutts, S., Kinet, J. ve Bouharmont, J., 1996, NaCl-induced senescence in leaves of rice (Oryza sativa L.) cultivars differing in salinity resistance, *Annals of Botany*, 78 (3), 389-398.

Maas, E. V. ve Hoffman, G. J., 1977, Crop salt tolerance\-current assessment, *Journal of the irrigation and drainage division*, 103 (2), 115-134.

Madhusudhan, R., Ishikawa, T., Sawa, Y., Shigeoka, S. ve Shibata, H., 2003, Characterization of an ascorbate peroxidase in plastids of tobacco BY-2 cells, *Physiologia plantarum*, 117 (4), 550-557.

Mahajan, S. ve Tuteja, N., 2005, Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Archives of biochemistry and biophysics*, 444 (2), 139-158.

Mahmood, S., Daur, I., Al-Solaimani, S. G., Ahmad, S. ve Madkour, M. H., 2016a, Amelioration of salinity stress in mung bean by combined application of pgpr and silicon, *International Journal of agriculture Innovations and Research*, 4 (5), 950-954.

Mahmood, S., Daur, I., Al-Solaimani, S. G., Ahmad, S., Madkour, M. H., Yasir, M., Hirt, H., Ali, S. ve Ali, Z., 2016b, Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Silicon

Synergistically Enhance Salinity Tolerance of Mung Bean, *Frontiers in Plant Science*, 7, 876.

Mansour, M., 2000, Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress, *Biologia Plantarum*, 43 (4), 491-500.

Mansour, M., Salama, K. ve Al-Mutawa, M., 2003, Transport proteins and salt tolerance in plants, *Plant Science*, 164 (6), 891-900.

Manzoor Alam, S., 1999, Nutrient uptake by plants under stress conditions, In: Handbook of Plant and Crop Stress, Second Edition, Eds: CRC Press, p. 285-313.

Marschner, H. ve Rimmington, G., 1988, Mineral nutrition of higher plants, *Plant Cell Environ*, 11, 147-148.

Marschner, H., 1995, Saline soils, *New York*, Academic press, p.

Marulanda, A., Azcón, R., Chaumont, F., Ruiz-Lozano, J. M. ve Aroca, R., 2010, Regulation of plasma membrane aquaporins by inoculation with a Bacillus megaterium strain in maize (Zea mays L.) plants under unstressed and salt-stressed conditions, *Planta*, 232 (2), 533-543.

Mathis, P. ve Kleo, J., 1973, The Trıplet State of β-Carotene and of Analog Polyenes of Dıfferent Length, *Photochemistry and Photobiology*, 18 (4), 343-346.

Mayak, S., Tirosh, T. ve Glick, B. R., 2004, Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers, *Plant Science*, 166 (2), 525-530.

Mengel, K. ve Kirkby, E. A., 2012, Principles of plant nutrition, Springer Science & Business Media, p.

Metwali, E. M., Abdelmoneim, T. S., Bakheit, M. A. ve Kadasa, N. M., 2015, Alleviation of salinity stress in faba bean (Vicia faba L.) plants by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), *Plant Omics*, 8 (5), 449.

Miller, N. J. ve Ruiz-Larrea, M. B., 2002, Flavonoids and other plant phenols in the diet: Their significance as antioxidants, *Journal of nutritional & environmental medicine*, 12 (1), 39-51.

Mishra, M., Kumar, U., Mishra, P. K. ve Prakash, V., 2010, Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of Cicer arietinum L. growth and germination under salinity, *Adv Biol Res*, 4 (2), 92-96.

Mittler, R. ve Zilinskas, B., 1992, Molecular cloning and characterization of a gene encoding pea cytosolic ascorbate peroxidase, *Journal of Biological Chemistry*, 267 (30), 21802-21807.

Mittler, R., 2002, Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends in plant science*, 7 (9), 405-410.

Mittova, V., Tal, M., Volokita, M. ve Guy, M., 2002, Salt stress induces up-regulation of an efficient chloroplast antioxidant system in the salt-tolerant wild tomato species Lycopersicon pennellii but not in the cultivated species, *Physiologia plantarum*, 115 (3), 393-400.

Møller, I. M., Jensen, P. E. ve Hansson, A., 2007, Oxidative modifications to cellular components in plants, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 58, 459-481.

Mudgal, V., Madaan, N. ve Mudgal, A., 2010, Biochemical mechanisms of salt tolerance in plants: a review, *International Journal of Botany*, 6 (2), 136-143.

Mueller, M. J., Brodschelm, W., Spannagl, E. ve Zenk, M. H., 1993, Signaling in the elicitation process is mediated through the octadecanoid pathway leading to jasmonic acid, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90 (16), 7490-7494.

Munns, R., 2002, Comparative physiology of salt and water stress, *Plant, cell & environment*, 25 (2), 239-250.

Munns, R., 2005, Genes and salt tolerance: bringing them together, *New Phytologist*, 167 (3), 645-663.

Munns, R. ve Tester, M., 2008, Mechanisms of salinity tolerance, *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.

Nadeem, S., Hussain, I., Naveed, M., Asghar, H., Zahir, Z. ve Arshad, M., 2006a, Performance of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase activity for improving growth of maize under salt-stressed conditions, *Pak J Agric Sci*, 43 (3-4), 114-121.

Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Naveed, M., Arshad, M. ve Shahzad, S., 2006b, Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress, *Soil Environ*, 25 (2), 78-84.

Nadeem, S. M., Zahir, Z. A., Naveed, M., Asghar, H. N. ve Arshad, M., 2010, Rhizobacteria capable of producing ACC-deaminase may mitigate salt stress in wheat, *Soil Science Society of America Journal*, 74 (2), 533-542.

Naz, I., Bano, A. ve Ul-Hassan, T., 2009, Isolation of phytohormones producing plant growth promoting rhizobacteria from weeds growing in Khewra salt range, Pakistan and their implication in providing salt tolerance to Glycine max L, *African Journal of Biotechnology*, 8 (21), 5762-5766.

Niranjan Raj, S., Shetty, H. S. ve Reddy, M., 2005, Plant growth promoting rhizobacteria: potential green alternative for plant productivity, In: PGPR: Biocontrol and Biofertilization, Eds: Springer, p. 197-216.

Nishma, K., Adrisyanti, B., Anusha, S., Rupali, P., Sneha, K., Jayamohan, N. ve Kumudini, B., 2014, Induced growth promotion under in vitro salt stress tolerance on solanum lycopersicum by fluorescent pseudomonads associated with rhizosphere, *International Journal of Applied Science and Engineering Research*, 3 (2), 422-430.

Noctor, G. ve Foyer, C. H., 1998, Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control, *Annual review of plant biology*, 49 (1), 249-279.

Noctor, G., Gomez, L., Vanacker, H. ve Foyer, C. H., 2002, Interactions between biosynthesis, compartmentation and transport in the control of glutathione homeostasis and signalling, *Journal of experimental botany*, 53 (372), 1283-1304.

O'connell, P. F., 1992, Sustainable agriculture-a valid alternative, *Outlook on Agriculture*, 21 (1), 5-12.

Okur, N., 2014, Bitki Gelişimini Hızlandıran Rizobakterilerin (PGPR) Mikrobiyal Gübre Olarak Etki Şekilleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı. Kastomunu**:** 49-56.

Orhan, F., 2016, Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (Triticum aestivum), *Brazilian Journal of Microbiology*, 621-627.

Özçağıran, R., Ünal, A., Özeker, E. ve İsfendiyaroğlu, M., 2005, Ilıman İklim Meyve Türleri Yumuşak Çekirdekli Meyveler Cilt-II, *Ege Üniversitesi Basımevi Bornova, İZMİR*, p.

Pan, X., Welti, R. ve Wang, X., 2008, Simultaneous quantification of major phytohormones and related compounds in crude plant extracts by liquid chromatography–electrospray tandem mass spectrometry, *Phytochemistry*, 69 (8), 1773-1781.

Parida, A., Das, A. B. ve Das, P., 2002, NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins, and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, Bruguiera parviflora, in hydroponic cultures, *Journal of Plant Biology*, 45 (1), 28-36.

Parida, A. K. ve Das, A. B., 2005, Salt tolerance and salinity effects on plants: a review, *Ecotoxicology and environmental safety*, 60 (3), 324-349.

Parvaiz, A., Shahid, U. ve Satyawati, S., 2010, Mechanism of free radical scavenging and role of phytohormones in plants under abiotic stresses, In: Plant adaptation and phytoremediation, Eds: Springer, p. 99-118.

Paul, D. ve Nair, S., 2008, Stress adaptations in a plant growth promoting rhizobacterium (PGPR) with increasing salinity in the coastal agricultural soils, *Journal of basic microbiology*, 48 (5), 378-384.

Paul, D. ve Lade, H., 2014, Plant-growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review, *Agronomy for Sustainable Development*, 34 (4), 737-752.

Pedranzani, H., Racagni, G., Alemano, S., Miersch, O., Ramírez, I., Peña-Cortés, H., Taleisnik, E., Machado-Domenech, E. ve Abdala, G., 2003, Salt tolerant tomato plants show increased levels of jasmonic acid, *Plant Growth Regulation*, 41 (2), 149-158.

Penrose, D. M., Moffatt, B. A. ve Glick, B. R., 2001, Determination of 1-aminocycopropane-1-carboxylic acid (ACC) to assess the effects of ACC deaminase-containing bacteria on roots of canola seedlings, *Canadian journal of microbiology*, 47 (1), 77-80.

Penrose, D. M. ve Glick, B. R., 2003, Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria, *Physiologia plantarum*, 118 (1), 10-15.

Pirlak, L., Turan, M., Sahin, F. ve Esitken, A., 2007, Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves, *Journal of Sustainable Agriculture*, 30 (4), 145-155.

Porcel, R., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M. ve Aroca, R., 2014, Involvement of plant endogenous ABA in Bacillus megaterium PGPR activity in tomato plants, *BMC plant biology*, 14 (36), 1-12.

Praveen Kumar, G., Mir Hassan Ahmed, S., Desai, S., Leo Daniel Amalraj, E. ve Rasul, A., 2014, In Vitro Screening for Abiotic Stress Tolerance in Potent Biocontrol and Plant Growth Promoting Strains of Pseudomonas and Bacillus spp, *International journal of bacteriology*, 2014, 1-6.

Qiu, Q.-S., Guo, Y., Dietrich, M. A., Schumaker, K. S. ve Zhu, J.-K., 2002, Regulation of SOS1, a plasma membrane Na+/H+ exchanger in Arabidopsis thaliana, by SOS2 and SOS3, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (12), 8436-8441.

Raaijmakers, J. M., Vlami, M. ve De Souza, J. T., 2002, Antibiotic production by bacterial biocontrol agents, *Antonie van Leeuwenhoek*, 81 (1), 537-547.

Radić, S., Radić-Stojković, M. ve Pevalek-Kozlina, B., 2006, Influence of NaCl and mannitol on peroxidase activity and lipid peroxidation in Centaurea ragusina L. roots and shoots, *Journal of Plant Physiology*, 163 (12), 1284-1292.

Rai, M. K., Kalia, R. K., Singh, R., Gangola, M. P. ve Dhawan, A., 2011, Developing stress tolerant plants through in vitro selection—an overview of the recent progress, *Environmental and Experimental Botany*, 71 (1), 89-98.

Rao, K. M., Raghavendra, A. ve Reddy, K. J., 2006, Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants, Springer Science & Business Media, p.

Rezaei, A., Lotfi, B., Jafari, M. ve Bahamin, S., 2015, Survey of effects of PGPR and salinity on the characteristics of Nigella leaves, *Biological Forum*, 1085.

Rhoades, J., 1992, Recent advances in the methodology for measuring and mapping soil salinity, *Proc. Int'l Symp. on Strategies for Utilizing Salt Affected Lands, Bangkok, Thailand*, 39-58.

Roberson, E. B. ve Firestone, M. K., 1992, Relationship between desiccation and exopolysaccharide production in a soil Pseudomonas sp, *Applied and environmental microbiology*, 58 (4), 1284-1291.

Rodriguez, H., Gonzalez, T., Goire, I. ve Bashan, Y., 2004, Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium Azospirillum spp, *Naturwissenschaften*, 91 (11), 552-555.

Ross, I. L., Alami, Y., Harvey, P. R., Achouak, W. ve Ryder, M. H., 2000, Genetic diversity and biological control activity of novel species of closely related pseudomonads isolated from wheat field soils in South Australia, *Applied and environmental microbiology*, 66 (4), 1609-1616.

Safronova, V. I., Stepanok, V. V., Engqvist, G. L., Alekseyev, Y. V. ve Belimov, A. A., 2006, Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil, *Biology and Fertility of Soils*, 42 (3), 267-272.

Saghafi, K., Ahmadi, J., Asgharzadeh, A. ve Bakhtiari, S., 2013, The effect of microbial inoculants on physiological responses of two wheat cultivars under salt stress, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1 (4), 421-431.

Sairam, R. ve Tyagi, A., 2004, Physiological and molecular biology of salinity stress tolerance in deficient and cultivated genotypes of chickpea, *Plant Growth Regul*, 57 (10).

Sakamoto, A. ve Murata, N., 2002, The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants, *Plant, cell & environment*, 25 (2), 163-171.

Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S. ve Bhatti, A. S., 2007, Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture, *Journal of industrial microbiology & biotechnology*, 34 (10), 635-648.

Sandhya, V., Grover, M., Reddy, G. ve Venkateswarlu, B., 2009, Alleviation of drought stress effects in sunflower seedlings by the exopolysaccharides producing Pseudomonas putida strain GAP-P45, *Biology and Fertility of Soils*, 46 (1), 17-26.

Saravanakumar, D. ve Samiyappan, R., 2007, ACC deaminase from Pseudomonas fluorescens mediated saline resistance in groundnut (Arachis hypogea) plants, *Journal of Applied Microbiology*, 102 (5), 1283-1292.

Savvas, D. ve Lenz, F., 2000, Effects of NaCl or nutrient-induced salinity on growth, yield, and composition of eggplants grown in rockwool, *Scientia Horticulturae*, 84 (1), 37-47.

Schafer, F. Q., Wang, H. P., Kelley, E. E., Cueno, K. L. ve Buettner, S., 2002, Comparing β-carotene, vitamin E and nitric oxide as membrane antioxidants, *Biological chemistry*, 383 (3-4), 671-681.

Schulze, E., Beck, E. ve Hohenstein, K., 2005, Environment as stress factor: stress physiology of plants, *Plant Ecology. 702p.*

Seçkin, B., 2010, Tuzluluk Stresinin Bazı Arpa (*Hordeum spp*) Türleri Üzerindeki Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkilerinin Araştırılması Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi* İZMİR 62.

Sen, S. ve Chandrasekhar, C., 2014, Effect of PGPR on growth promotion of rice (Oryza sativa L.) under salt stress, *Asian J Plant Sci Res*, 4, 62-67.

Sen, S. ve Chandrasekhar, C., 2015, Effect of PGPR on enzymatic activities of rice (Oryza sativa L.) under salt stress, *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5 (6), 44-48.

Shalata, A., Mittova, V., Volokita, M., Guy, M. ve Tal, M., 2001, Response of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative Lycopersiconpennellii to salt-dependent oxidative stress: The root antioxidative system, *Physiologia plantarum*, 112 (4), 487-494.

Shannon, M. ve Grieve, C., 1998, Tolerance of vegetable crops to salinity, *Scientia Horticulturae*, 78 (1), 5-38.

Shen, J., Li, R., Zhang, F., Fan, J., Tang, C. ve Rengel, Z., 2004, Crop yields, soil fertility and phosphorus fractions in response to long-term fertilization under the rice monoculture system on a calcareous soil, *Field Crops Research*, 86 (2), 225-238.

Shi, H., Ishitani, M., Kim, C. ve Zhu, J.-K., 2000, The Arabidopsis thaliana salt tolerance gene SOS1 encodes a putative Na+/H+ antiporter, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97 (12), 6896-6901.

Shi, H. ve Zhu, J.-K., 2002, Regulation of expression of the vacuolar Na+/H+ antiporter gene AtNHX1 by salt stress and abscisic acid, *Plant molecular biology*, 50 (3), 543-550.

Shukla, P. S., Agarwal, P. K. ve Jha, B., 2012, Improved salinity tolerance of Arachis hypogaea (L.) by the interaction of halotolerant plant-growth-promoting rhizobacteria, *Journal of Plant Growth Regulation*, 31 (2), 195-206.

Sibole, J. V., Montero, E., Cabot, C., Poschenrieder, C. ve Barceló, J., 1998, Role of sodium in the ABA-mediated long-term growth response of bean to salt stress, *Physiologia plantarum*, 104 (3), 299-305.

Sıddıqui, Z., 2006, Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. PGPR: Biocontrol and Biofertlization. , In: Strain isolated from sunflower roots, Appl. Environ. Microbiol, Eds: S, E. b. Z. A. S., *The Netherlands*: Springer, , p. 3393-3398.

Singh, R. P. ve Jha, P. N., 2016, The Multifarious PGPR Serratia marcescens CDP-13 Augments Induced Systemic Resistance and Enhanced Salinity Tolerance of Wheat (Triticum aestivum L.), *PloS one*, 11 (6), 1-15.

Smirnoff, N., 1998, Plant resistance to environmental stress, *Current opinion in Biotechnology*, 9 (2), 214-219.

Smirnoff, N., 2000, Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-facetted molecule, *Current opinion in plant biology*, 3 (3), 229-235.

Soltanpour, P., Workman, S. ve Schwab, A., 1979, Use of inductively-coupled plasma spectrometry for the simultaneous determination of macro-and micronutrients in NH4HCO3-DTPA extracts of soils, *Soil Science Society of America Journal*, 43 (1), 75-78.

Srivalli, B., Chinnusamy, V. ve Khanna-Chopra, R., 2003, Antioxidant defense in response to abiotic stresses in plants, *JOURNAL OF PLANT BIOLOGY-NEW DELHI*, 30 (2), 121-140.

Sturz, A. ve Nowak, J., 2000, Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops, *Applied soil ecology*, 15 (2), 183-190.

Sudhakar, C., Lakshmi, A. ve Giridarakumar, S., 2001, Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulberry (Morus alba L.) under NaCl salinity, *Plant Science*, 161 (3), 613-619.

Sudhakar, P., Chattopadhyay, G., Gangwar, S. ve Ghosh, J., 2000, Effect of foliar application of Azotobacter, Azospirillum and Beijerinckia on leaf yield and

quality of mulberry (Morus alba), *The Journal of Agricultural Science*, 134 (02), 227-234.

Sultana, N., Ikeda, T. ve Itoh, R., 1999, Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains, *Environmental and Experimental Botany*, 42 (3), 211-220.

Sun, W. Q., Li, X. P. ve Ong, B. L., 1999, Preferential accumulation of d-pinitol in Acrostichum aureum gametophytes in response to salt stress, *Physiologia plantarum*, 105 (1), 51-57.

Sundara, B., Natarajan, V. ve Hari, K., 2002, Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields, *Field Crops Research*, 77 (1), 43-49.

Swanson, S. ve Gilroy, S., 2010, ROS in plant development, *Physiologia plantarum*, 138 (4), 384-392.

Sziderics, A., Rasche, F., Trognitz, F., Sessitsch, A. ve Wilhelm, E., 2007, Bacterial endophytes contribute to abiotic stress adaptation in pepper plants (Capsicum annuum L.), *Canadian journal of microbiology*, 53 (11), 1195-1202.

Şahin, F., Çakmakçi, R. ve Kantar, F., 2004, Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N 2-fixing and phosphate solubilizing bacteria, *Plant and soil*, 265 (1), 123-129.

Tambussi, E. A., Bartoli, C. G., Beltrano, J., Guiamet, J. J. ve Araus, J. L., 2000, Oxidative damage to thylakoid proteins in water-stressed leaves of wheat (Triticum aestivum), *Physiologia plantarum*, 108 (4), 398-404.

Tank, N. ve Saraf, M., 2010, Salinity-resistant plant growth promoting rhizobacteria ameliorates sodium chloride stress on tomato plants, *Journal of Plant Interactions*, 5 (1), 51-58.

Trung, N. T., Hieu, H. V. ve Thuan, N. H., 2016, Screening of Strong 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase Producing Bacteria for Improving the Salinity Tolerance of Cowpea, *Applied Microbiology: open access*, 2016.

Turan, M. ve Horuz, A., 2012, Bitki Beslemenin Temel İlkeleleri In: Bitki Besleme, Eds: Karaman, M. R., p. 123-345.

Turan, M., Güneş, A., Tarhan, L. ve Şahin, F., 2014, Farklı Stres Koşullarına Karşı Mikrobiyal Gübrelerin Kullanımı. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı. Kastamonu**:** 33-47.

Tuteja, N., 2007, Chapter twenty-four-mechanisms of high salinity tolerance in plants, *Methods in enzymology*, 428, 419-438.

Türkan, I. ve Demiral, T., 2009, Recent developments in understanding salinity tolerance, *Environmental and Experimental Botany*, 67 (1), 2-9.

Upadhyay, S. K., Singh, D. P. ve Saikia, R., 2009, Genetic diversity of plant growth promoting rhizobacteria isolated from rhizospheric soil of wheat under saline condition, *Current microbiology*, 59 (5), 489-496.

Upadhyay, S. K., Maurya, S. K. ve Singh, D. P., 2012a, Salinity tolerance in free living plant growth promoting rhizobacteria, *Indian Journal of Scientific Research*, 3 (2), 73.

Upadhyay, S. K., Singh, J. S., Saxena, A. K. ve Singh, D. P., 2012b, Impact of PGPR inoculation on growth and antioxidant status of wheat under saline conditions, *Plant Biology*, 14 (4), 605-611.

Upadhyay, S. K. ve Singh, D., 2015, Effect of salt-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria on wheat plants and soil health in a saline environment, *Plant Biology*, 17 (1), 288-293.

Ünyayar, S., Çelik, A., Çekiç, F. Ö. ve Gözel, A., 2006, Cadmium-induced genotoxicity, cytotoxicity and lipid peroxidation in Allium sativum and Vicia faba, *Mutagenesis*, 21 (1), 77-81.

Van Breusegem, F., Vranová, E., Dat, J. F. ve Inzé, D., 2001, The role of active oxygen species in plant signal transduction, *Plant Science*, 161 (3), 405-414.

Van Velthuizen, H., 2007, Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability, 11, *Rome, Italy* Food & Agriculture Org., p.

Velikova, V., Yordanov, I. ve Edreva, A., 2000, Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: protective role of exogenous polyamines, *Plant Science*, 151 (1), 59-66.

Vessey, J. K., 2003, Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant and soil*, 255 (2), 571-586.

Viégas, R. A., da Silveira, J. A., Lima Junior, A. R. d., Queiroz, J. E. ve Fausto, M. J., 2001, Effects of NaCl-salinity on growth and inorganic solute accumulation in young cashew plants, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5 (2), 216-222.

Völker, U., Engelmann, S., Maul, B., Riethdorf, S., Völker, A., Schmid, R., Mach, H. ve Hecker, M., 1994, Analysis of the induction of general stress proteins of Bacillus subtilis, *Microbiology*, 140 (4), 741-752.

Wang, W., Vinocur, B. ve Altman, A., 2003, Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance, *Planta*, 218 (1), 1-14.

Wang, Y., Mopper, S. ve Hasenstein, K. H., 2001, Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA, and SA in Iris hexagona, *Journal of chemical ecology*, 27 (2), 327-342.

Wehrmann, J. ve Hähndel, R., 1984, Relationship between N-and Cl-nutrition and N03-content of vegetables, *6. Colloque international pour l'optimisation de la nutrition des plantes*, Montpellier (France).

Whipps, J. M., 2001, Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere, *Journal of experimental botany*, 52 (suppl 1), 487-511.

Whitelaw, M. A., 1999, Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi, *Advances in Agronomy*, 69, 99-151.

Woitke, M., Junge, H. ve Schnitzler, W., 2004, Bacillus subtilis as growth promotor in hydroponically grown tomatoes under saline conditions, *VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition* 363-369.

Wu, G., Zhen-Kuan, W., Yong-Xiang, W., Li-Ye, C. ve Hong-Bo, S., 2007, The mutual responses of higher plants to environment: physiological and microbiological aspects, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 59 (2), 113-119.

Wu, S. S., 2009, Enhanced phytoremediation of salt-impacted soils using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), Master Thesis, *University of Waterloo*, Ontario, Canada, 172.

Xue, Y. ve Liu, Z. P., 2008, Antioxidant enzymes and physiological characteristics in two Jerusalem artichoke cultivars under salt stress, *Russian Journal of Plant Physiology*, 55 (6), 776-781.

Yang, Y., Newton, R. ve Miller, F., 1990, Salinity tolerance in Sorghum. I. Whole plant response to sodium chloride in S. bicolor and S. halepense, *Crop Science*, 30 (4), 775-781.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I. ve Li, C., 2010, Growth promotion and protection against salt stress by Pseudomonas putida Rs-198 on cotton, *European Journal of Soil Biology*, 46 (1), 49-54.

Ye, G.-N., Colburn, S. M., Xu, C. W., Hajdukiewicz, P. T. ve Staub, J. M., 2003, Persistence of unselected transgenic DNA during a plastid transformation and segregation approach to herbicide resistance, *Plant Physiology*, 133 (1), 402-410.

Yildirim, E., Taylor, A. ve Spittler, T., 2006, Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress, *Scientia Horticulturae*, 111 (1), 1-6.

Yildirim, E., Donmez, M. F. ve Turan, M., 2008a, Use of bioinoculants in ameliorative effects on radish plants under salinity stress, *Journal of plant nutrition*, 31 (12), 2059-2074.

Yildirim, E., Turan, M. ve Donmez, M. F., 2008b, Mitigation of salt stress in radish (Raphanus sativus l.) by plant growth promoting rhizobacteria, *Roumanian Biotechnol Lett*, 13, 3933-3943.

Yildirim, E., Karlidag, H. ve Turan, M., 2009, Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply, *Plant Soil Environ*, 55 (5), 213-221.

Yıldırım, E., Turan, M., Ekinci, M., Dursun, A. ve Cakmakcı, R., 2011, Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce, *Scientific Research and Essays*, 6 (20), 4389-4396.

Yıldız, M., Terzi, H., Cenkci, S., Terzi, E. ve Uruşak, B., 2010, Bitkilerde Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik ve Biyokimyasal Markörleri, *Anadolu University of Sciences & Technology-C: Life Sciences & Biotechnology*, 1 (1), 1-33.

Yıldıztugay, E., 2011, Endemik centaurea Tuzgoluensis Aytaç & H. Duman ve Centaurea lycaonica Boiss. & Heldr.'nın fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine tuz stresinin etkileri, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi* Konya, 115.

Yılmaz, E., Tuna, A. ve Bürün, B., 2011, Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (1), 47-66.

Yokoi, S., Bressan, R. A. ve Hasegawa, P. M., 2002a, Salt stress tolerance of plants, *JIRCAS working report*, 23 (01), 25-33.

Yokoi, S., Quintero, F. J., Cubero, B., Ruiz, M. T., Bressan, R. A., Hasegawa, P. M. ve Pardo, J. M., 2002b, Differential expression and function of Arabidopsis thaliana NHX Na+/H+ antiporters in the salt stress response, *The Plant Journal*, 30 (5), 529-539.

Yordanova, R. Y., Christov, K. N. ve Popova, L. P., 2004, Antioxidative enzymes in barley plants subjected to soil flooding, *Environmental and Experimental Botany*, 51 (2), 93-101.

Younesi, O. ve Moradi, A., 2014, Effects of plant growth-promoting rhizobacterium (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) on antioxidant enzyme activities in salt-stressed bean (Phaseolus vulgaris L.), *Agriculture*, 60 (1), 10-21.

Yurtseven, E., Ünlükara, A., Top, A. ve Tek, A., 2001, Tuzluluğun ve sulama aralığının kolzada (Brassica napus oleifera) verime ve gelişmeye etkisi, *Ulusal Sulama Kongresi* 8-11.

Zafar-ul-Hye, M., Farooq, H. M., Zahir, Z. A., Hussain, M. ve Hussain, A., 2014, Application of ACC-deaminase containing rhizobacteria with fertilizer improves maize production under drought and salinity stress, *Int J Agric Biol*, 16, 591-596.

Zahir, Z. A., Arshad, M. ve Frankenberger, W. T., 2003, Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture, *Advances in Agronomy*, 81, 97-168.

Zhang, J., Jia, W., Yang, J. ve Ismail, A. M., 2006, Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses, *Field Crops Research*, 97 (1), 111-119.

Zhu, J.-K., 2002, Salt and drought stress signal transduction in plants, *Annual review of plant biology*, 53 (1), 247-273.
Zhu, J.-K., 2007, Plant salt stress, , In: Encyclopedia of life sciences, Eds: CrossRef Google Scholar, p.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Şeyma ARIKAN
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	ÇANKIRI / 23.11.1987
Telefon	**:**	0332 223 2894
Faks	**:**	0332 223 0108
e-mail	**:**	arikan@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı. İlçe. İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Selçuklu Atatürk Lisesi-KONYA	2003
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü-KONYA	2009
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü-KONYA	2012
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü-KONYA	Devam ediyor

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2010-devam ediyor	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü-KONYA	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Meyve Yetiştiriciliği ve Islahı

YABANCI DİLLER

2010 ÜDS: 68.76

YAYINLAR

Arıkan Ş.. Pırlak L.. 2016. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (BBAR) on Growth. Yield and Fruit Quality of Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.). Erwerbs-Obstbau. 58: 221-226. (*Yüksek lisans tezinden yazılmıştır*)

Arıkan Ş.. Pırlak L.. 2012. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (BBAR) on Growth. Yield and Fruit Quality of Sour Cherry. International Conference of Ecosystems (ICE). 1-6. June. Tirana. Albania. ***Poster Özet***

Arıkan Ş.. İpek M.. Pırlak L.. 2013. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (BBAR) on Yield and Fruit Quality of Quince. International Conference on Agriculture and Biotechnology. 29-30 December. Kuala Lumpur. Malezya. IPCBEE vol.60 IACSIT Press. Singapore V60. 19. ***Sözlü Bildiri***

Arıkan Ş.. Ipek M.. Eşitken A.. 2014. *In vitro* Micropropagation of Blackberry (*Rubus fruticosus.*) cultivar "JUMBO". Dubai International Conference Proceedings by Australian Society for Co mmerce Industry and Engineering. 15-16 November. Dubai. UEA. ***Sözlü Bildiri***

Arıkan Ş.. Ipek M.. Pırlak L.. 2014. Effects of Organic Products on Yield and Fruit Quality of "Fern" Strawberry Cultivar. Dubai International Conference Proceedings by Australian Society for Co mmerce Industry and Engineering. 15-16 November. Dubai. UEA. ***Sözlü Bildiri***

Arıkan Ş.. Ipek M.. Eşitken A.. Pırlak L.. 2015. Effects of IBA and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (BBAR) on Rooting and Root Growth of Myrtle (*Myrtus co mmunis* L.) Stem Cutting. Environmentally Friendly Agriculture and Forestry for Future Generations. International Scientific XXXVI CIOSTA & CIGR SECTION V Conference. 26-28 May. Saint Petersburg. Russia. ***Sözlü Bildiri***

İpek M.. Arıkan Ş.. Pırlak L.. Eşitken A.. 2010. Bitki Büyümesini Artırıcı Bakteri Uygulamasının Bodur Elma Fidanlarında Dallanma Üzerine Etkileri. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu. 28 Haziran-1 Te mmuz. Erzurum. ***Poster Tam metin***

Küçükbasmacı Sabır F.. İpek M.. Arıkan Ş.. Pırlak L.. 2011. Konya Yöresinde Yetiştirilen Bazı Elma Çeşitlerinde 1-MCP Uygulamalarının Depolama Süresi ve Kalite Üzerine Etkileri. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. 4-8 Ekim. Şanlıurfa. ***Sözlü Bildiri***

Arıkan Ş. 2011. Deniz Yosunu Uygulamalarının "Aromas". "Camarosa" Çilek Çeşitlerinde Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. 4-8 Ekim. Şanlıurfa. ***Poster Tam metin***

İpek M.. Arıkan Ş.. Aras S.. Eşitken A.. Pırlak L.. Şahin M.. Mete N.. Altan K.. 2012. Memecik ve Domat Zeytin Çeşitlerinde Bakteri. IBA ve Yaralama Uygulamalarının

Çelik Köklenmesi Üzerine Etkileri. Türkiye II. Zeytin ve Zeytinyağı Kongresi 02-06 Ekim. Şanlıurfa. ***Poster Tam metin***

Sabır K. F.. İpek M.. Arıkan Ş.. 2014. 'Ninfa' Kayısı Çeşidinde Farklı Hasat Sonrası Uygulamalarının Muhafaza Süresi ve Kaliteye Etkileri. VI. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu 22-25 Eylül. Bursa. Türkiye. ***Poster Tam metin***

Eşitken A.. Pırlak L.. Arıkan Ş.. İpek M.. Çiylez S.. 2015. Kireçli Toprak Şartlarında Şeftali. Armut ve Elmada Bitki Büyümesini Artıran Rizobakteri (BBAR) Uygulamalarının Büyüme. Gelişme ve Bitki Besin Elementi Alımına Etkileri İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi. 28-30 Nisan. Nevşehir. Türkiye. ***Poster Özet***

Arıkan Ş.. İpek M.. 2015. Kireçli Topraklarında Yetiştirilen Heritage Ahududu Çeşidinde Bitki Büyümesini Artıran Bakterilerin (BBAB) Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi. 28-30 Nisan. Nevşehir. Türkiye. ***Poster Özet***

Arıkan Ş.. İpek M.. Çiylez S.. 2015. Kireçli Topraklarında Yetiştirilen Jumbo Böğürtlen Çeşidinde Bitki Büyümesini Artıran Bakterilerin (BBAB) Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi. 28-30 Nisan. Nevşehir. Türkiye. ***Poster Özet***

Arıkan Ş.. İpek M.. 2015. Sweetann Çilek Çeşidinde Prohexadione-Calcium Uygulamalarının Bitki Gelişimi. Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Cilt I (Meyvecilik) Çanakkale. Türkiye ***Poster Tam metin***

Sabır K. F.. Arıkan. Ş.. İpek M.. 2015. 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Hasat Sonrası Farklı Uygulamaların Muhafaza Süresi ve Kaliteye Etkileri. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Cilt I (Meyvecilik) Çanakkale. Türkiye ***Poster Tam metin***

Arıkan Ş. İpek M.. Pırlak L..2015. Konya Ekolojik Şartlarında Bazı Elma Çeşitlerinin Fenolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi. 3(10): 811-815.

Arıkan Ş.. Pırlak L.. 2012. Kiraz Yetiştirme Teknikleri. Tarım Gündem Dergisi. Sayı:7. 38-41.