

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

**BAZI KÖK BAKTERİLERİNİN TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞEN FASULYE
(*Phaseolus vulgaris* L.) BİTKİSİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Dilan BİLGE
DANIŞMAN: Prof. Dr. Suat ŞENSOY

VAN – 2017

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

**BAZI KÖK BAKTERİLERİNİN TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞEN FASULYE
(*Phaseolus vulgaris* L.) BİTKİSİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Dilan BİLGE

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **2015-FBE-YL174**
no'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN – 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Suat ŞENSOY danışmanlığında, Dilan BİLGE tarafından sunulan, “**Bazı Kök Bakterilerinin Tuz Stresi Altında Yetişen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisine Etkilerinin Araştırılması**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 07/09/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Suat ŞENSOY

İmza:



Üye: Yrd. Doç. Dr. Arzu ÇİĞ

İmza:



Üye: Yrd. Doç. Dr. Aytekin EKİNCİALP

İmza:



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

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

İmza

Dilan BİLGE

ÖZET

BAZI KÖK BAKTERİLERİNİN TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞEN FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) BİTKİSİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

BİLGE, Dilan
Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Eylül 2017, 52 sayfa

Tuzluluk, kurak ve yarı kurak alanlarda en önemli problemlerden biridir. Tarımsal alanlarda tuzluluğun artması toprak ve bitki açısından büyük sıkıntılar yaratmaktadır. Bu çalışmada, tuz stresi altında yetişen fasulye bitkisine bitki gelişimini uyaran kök bakterileri (PGPR) uygulanmasının fide gelişim parametreleri ve besin elementi içeriklerine etkileri incelenmiştir. Tuz uygulaması (NaCl) kontrolle birlikte dört düzeyde (0, 20, 40 ve 60 mM), bakteri uygulaması kontrolle birlikte beş farklı bakteri (Kontrol, R15/1, R38/1, R54/2 ve 66/3) izolatu uygulaması olarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda fasulye bitkisinin gelişimini tuzluluk uygulamalarının genel olarak olumsuz etkilediği, PGPR uygulamalarının ise gelişim parametrelerine ve bakteri izolatına göre farklı etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Fide gelişim parametrelerinden sürgün çapında, R54/2 bakteri izolatının diğer bakteri izolatlarından ve kontrolden daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Makro ve mikro besin elementlerinin alımını tuzluluk uygulamaları genel olarak olumsuz etkilerken, PGPR'ların besin elementine göre kendi içlerinde farklı sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. Özellikle bitkideki Mg alımına R15/1 bakteri izolatının, Zn ve Cu alımına R54/2 bakteri izolatının, Mn içeriğine ise 66/3 bakteri izolatının önemli düzeyde olumlu etki ettiği belirlenmiştir. Klorofil miktarında ise PGPR uygulamalarının sonucunda genelde artış olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Fasulye, Gelişim parametreleri, PGPR, Tuzluluk.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF EFFECTS OF SOME ROOT BACTERIA ON COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) PLANTS GROWN ON SALT STRESS

BİLGE, Dilan

M. Sc. Thesis, Horticultural Science

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Suat ŞENSOY

September 2017, 52 pages

Salinity is one of the most important problems in arid and semi-arid areas. The increase in salinity in agricultural areas creates great difficulties in terms of soil and plant. In this study, the effects of PGPR on the seedling growth parameters and nutrient content of bean plants grown under salt stress were investigated. Five different bacteria isolate (Control, R15/1, R38/1, R54/2 and 66/3) applications were applied with salt application (NaCl) at four levels (0, 20, 40 and 60 mM). As a result of the study, it was determined that the development of the bean plant generally affected negatively by salinity applications, while the PGPR applications showed differences according to the growth parameters and bacterial isolates. From the seedling growth parameters, it was observed that R54 / 2 bacterial isolate at shoot height gave better results than other bacterial isolates and control. The intake of macro and micronutrient elements was generally negatively affected by the application of salinity, but it was concluded that PGPRs gave different results in terms of nutrients compared to their nutrients. Especially, it was determined that R15 / 1 bacteria isolation for Mg ingestion, R54 / 2 bacteria isolate for Zn and Cu uptake, and 66/3 bacteria isolate for Mn content have a significant positive effect. It was also observed that the amount of chlorophyll was generally increased as a result of PGPR applications.

Key words: Bean, Developmental parameters, PGPR, Salinity.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında konu seçiminden tez sonlanana kadar her türlü bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Suat ŞENSOY'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın uygulama aşamasında emeği geçen hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ'ye ve Yrd. Doç. Dr. Çeknas ERDİNÇ'e, analiz ve yazım aşamasında büyük destek veren Yrd. Doç. Dr. Sibel BOYSAN CANAL'a ve Araş. Gör. Özlem GÜLDİĞEN'e teşekkür ederim.

Bu araştırmaya maddi destek veren Y.Y.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Tezin her aşamasında yanımda olan arkadaşlarım Furkan TUNÇTÜRK, Mehmet DİNÇSOY ve Esra DİNÇSOY'a teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli aileme, eşime ve varlığıyla güç veren kızıma teşekkür ederim.

2017

Dilan Bilge



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. PGPR'lar İle İlgili Yapılan Çalışmalar	5
2.2. Tuz Stresi İle İlgili Yapılan Çalışmalar	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Uygun bakteri izolatının belirlenmesi.....	13
3.1.2. Bitkinin yetiştirildiği ortamın özellikleri	13
3.1.3. Kullanılan besin solüsyonu	14
3.1.4. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odası ve laboratuvar.....	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi	15
3.2.2. Tuz Stresinin oluşturulması.....	16
3.2.3. Bakteri izolatlarının uygulanması.....	16
3.2.4. Fide gelişim parametrelerinin belirlenmesi.....	16
3.2.4.1. Sürgün boyunun belirlenmesi.....	16
3.2.4.2. Sürgün çapının belirlenmesi	16
3.2.4.3. Sürgün ve kök yaş ağırlıklarının belirlenmesi	17
3.2.4.4. Sürgün ve kök kuru ağırlıklarının belirlenmesi	17
3.2.5. Makro ve mikro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi	18
3.2.6. Klorofil ve karotenoid içeriğinin belirlenmesi	18
3.2.7. Verilerin değerlendirilmesi	19
4. BULGULAR.....	20

	Sayfa
4.1. Fide Gelişim Parametreleri	20
4.1.1. Sürgün boyu	20
4.1.2. Sürgün çapı.....	21
4.1.3. Sürgün yaş ağırlığı.....	21
4.1.4. Kök yaş ağırlığı	22
4.1.5. Sürgün kuru ağırlığı.....	23
4.1.6. Kök kuru ağırlığı	24
4.2. Besin Elementi İçerikleri	24
4.2.1. Sürgün ve kökte fosfor miktarı.....	25
4.2.2. Sürgün ve kökte potasyum miktarı	26
4.2.3. Sürgün ve kökte kalsiyum miktarı	28
4.2.4. Sürgün ve kökte magnezyum miktarı	29
4.2.5. Sürgün ve kökte sodyum miktarı	31
4.2.6. Sürgün ve kökte demir miktarı	32
4.2.7. Sürgün ve kökte çinko miktarı	34
4.2.8. Sürgün ve kökte bakır miktarı	35
4.2.9. Sürgün ve kökte mangan miktarı	37
4.3. Klorofil ve Karotenoid Miktarı.....	38
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	42
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Bazı bitkilerin tuzluluktan zararlanma sınırı ve tuz konsantrasyonunun artmasıyla görülen ürün kayıpları	2
Çizelge 3.1. Kullanılan bakteri izolatları	13
Çizelge 3.2. A besin solüsyonu içeriği	14
Çizelge 3.3. B Besin solüsyonu içeriği	14
Çizelge 4.1. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün boyuna etkileri (cm)	20
Çizelge 4.2. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün çapına etkileri (mm)	21
Çizelge 4.3. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün yaş ağırlığına etkileri (gr)	22
Çizelge 4.4. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde kök yaş ağırlığına etkileri (gr)	23
Çizelge 4.5. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün kuru ağırlığına etkileri (gr)	23
Çizelge 4.6. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde kök kuru ağırlığına etkileri (gr)	24
Çizelge 4.7. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan fosfor (P) miktarına etkileri (%)	25
Çizelge 4.8. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan fosfor (P) miktarına etkileri (%)	26
Çizelge 4.9. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan potasyum (K) miktarına etkileri (%)	27
Çizelge 4.10. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan potasyum (K) miktarına etkileri (%)	27
Çizelge 4.11. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan kalsiyum (Ca) miktarına etkileri (%) ..	28

Çizelge 4.12. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan kalsiyum (Ca) miktarına etkileri (%)	29
Çizelge 4.13. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan magnezyum (Mg) miktarına etkileri (%)	30
Çizelge 4.14. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan magnezyum (Mg) miktarına etkileri (%)	30
Çizelge 4.15. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan sodyum (Na) miktarına etkileri (%)	31
Çizelge 4.16. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan magnezyum (Na) miktarına etkileri (%)	32
Çizelge 4.17. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan demir (Fe) miktarına etkileri (mg/l)	33
Çizelge 4.18. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan demir (Fe) miktarına etkileri (mg/l)	33
Çizelge 4.19. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan çinko (Zn) miktarına etkileri (mg/l)	34
Çizelge 4.20. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan çinko (Zn) miktarına etkileri (mg/l)	35
Çizelge 4.21. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan bakır (Cu) miktarına etkileri (mg/l)	36
Çizelge 4.22. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan bakır (Cu) miktarına etkileri (mg/l)	36

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.23. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan mangan (Mn) miktarına etkileri (mg/l)	37
Çizelge 4.24. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan mangan (Mn) miktarına etkileri (mg/l)	38
Çizelge 4.25. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin klorofil-a miktarına etkileri (µg/ml)	39
Çizelge 4.26. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin klorofil-b miktarına etkileri (µg/ml)	39
Çizelge 4.27. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin toplam klorofil miktarına etkileri (µg/ml)	40
Çizelge 4.28. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin toplam klorofil miktarına etkileri (µg/ml)	41



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Bitkilerin yetiştirildiği ortam	15
Şekil 3.2. Fasulye fidelerinin gelişim parametrelerinin belirlenmesi	17
Şekil 3.3. Bitkilerin kurutma aşamasına hazırlanması	17
Şekil 3.4. Bitki örneklerinin spektrofotometrede okutulması	18
Şekil 3.5. Bitki örneklerinin klorofil içeriklerinin belirlenmesi	19





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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

Simgeler	Açıklama
Ca	Kalsiyum
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
Cd	Kadmiyum
Cm	Santimetre
Cu	Bakır
°C	Santigrat derece
Fe	Demir
gr	Gram
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
K	Potasyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimol
Mn	Mangan
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
rpm	Revolutions per Minute
Pb	Kurşun
Ppm	Part per million (milyonda bir kısım)
P	Fosfor
%	Yüzde
Zn	Çinko

Kısaltmalar**Açıklama**

ACCD	Aminosikloropan Karboksilat Deaminaze
CMC	Karboksi Metil Selüloz
FAO	Food and Agriculture Organization
KB	King's B besiyeri
LPO	Lipid Peroksidasyon
PGPR	Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanması büyük oranda bitki varlığına bağlıdır. Büyük önem taşıyan bitkilerden biri de fasulyedir. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Leguminaceae familyasının dünyada çok geniş bir yayılma alanına sahip bir üyesidir. Anavatanı Güney Amerika'dır (Doğan, 2006). Fasulye dünyada bol miktarda üretilen, besin değeri yüksek bir kültür bitisidir (Anonim, 2008a). Dünyada taze fasulye üretiminde 17.031.702 ton ile ilk sırada olan ülke Çin'dir (FAO, 2014). Ülkemizde taze fasulye üretimi 638.532 ton olarak bilinmektedir (TÜİK, 2016). Ülkemizin birçok yerinde yaş ve kuru olarak üretilen fasulye en fazla Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde yetiştirilmektedir (Bozkurt, 2009).

Baklagil grubunda olan fasulye; taze, kuru, dondurulmuş ve konserve olarak değerlendirilmesinin yanında hayvan beslenmesinde, kozmetik ve boya sektöründe de kullanılmaktadır. Baklası vitamin ve minarel bakımından, kuru taneleri de protein açısından oldukça zengindir (Özpay, 2008; Kıpçak ve Erdinç, 2016). Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte proteine duyulan ihtiyaç da artmaktadır. Protein kaynakları da bitkisel ve hayvansal olarak ikiye ayrılır. Hayvansal proteinlerin oluşması da doğrudan veya dolaylı olarak bitkisel kaynaklara bağlıdır (Akkurt, 2010). İnsanlar besin ihtiyaçlarının neredeyse %80'ini bitkilerden karşılarlar (Öğüt, 2001). Fasulye de içeriği açısından beslenmede önemli bir yere sahiptir. Fasulye bitkisi, proteine ek olarak vitamin ve mineral madde içeriği ile de önem arz etmektedir. 100 gr taze fasulyenin yaklaşık % 79' u sudur. İçerisinde ayrıca protein, yağ ve karbonhidratın yanında A, B1, B2, C, Niacin vitaminleri, ve Ca, Fe, P, K, Na mineral maddeleri de bulunmaktadır (Şalk ve ark., 2008).

Fasulye, zayıf ve dallanan kazık köke sahiptir. Kök sistemi genellikle yüzlek olmakla birlikte bazen derinlere de gidebilir. Fasulye gövdesi otsu yapıda olup, dik veya sarılıcı ve hafif tüylüdür (Anonim, 2007). Bitki boyu çeşide göre değişmekle birlikte gövde rengi ile çiçek rengi birbiriyle ilişkilidir. İlk oluşan kotiledon yaprakları dışında oluşan gerçek yapraklar üçlü birleşik yaprak şeklindedir. Fasulyede çiçekler, çeşide göre farklı renklere sahiptir. Kendine döllen bir bitki olan fasulye tohumları baklalar içinde yer alır. Fasulye sıcak iklim sebzesidir (Anonim, 2008b).

Fasulye diğer Leguminaceae familyası bitkileri gibi tropik ve subtropik alanların önemli ürünlerindendir. Ancak, dünyada özellikle fasulye yetiştiriciliği yapılan alanlarda tuzluluk ve kuraklığın artmasıyla, ihtiyacın karşılanamaması riski ortaya çıkmaktadır. Bitkiler hastalık ve zararlılar gibi biyotik stresin dışında; kuraklık, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklıklar, besin elementi eksiklikleri gibi abiyotik stres koşullarından da etkilenirler (Özpay, 2008). Dünya bitkisel üretiminin sınırlarının daralmasına neden olan çevresel stres faktörlerinin artmasıyla bitkinin normal ürün potansiyeline ulaşması da zorlaşır. Tarımsal üretimin azalmasında %71 abiyotik stres geri kalan %29'unda diğer stres faktörleri etkilidir (Özpay, 2008).

Abiyotik stres faktörlerinden biri tuzluluktur. Tuzluluk, kurak ve yarı kurak alanlarda en önemli problemlerden biridir. Tarımsal alanlarda tuzluluğun artması toprak ve bitki açısından büyük sıkıntılar yaratmaktadır. Yurdumuz topraklarının 1.5 milyon hektarında tuzluluk problemi giderek artmaktadır. Tuz stresi toprakta NaCl ve bazı çözülebilir tuzların artışına paralel olarak bitkinin büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Çözülebilir tuzlar, bitkiler tarafından kolay alınabilmekte ve bünyesine aldığı bu tuz bileşikleri belli bir miktarın üzerinde olunca bitkiye zarar vermektedir (Ekmekçi ve ark., 2005).

Çizelge 1.1 Bazı bitkilerin tuzluluktan zararlanma sınırı ve tuz konsantrasyonunun artmasıyla görülen ürün kayıpları (Koç, 2005)

Türler	Zararlanma Sınırı	% 10 Ürün Kaybı	% 25 Ürün Kaybı	% 50 Ürün Kaybı
EC (dSm ⁻¹)				
Fasulye	1.0	1.5	2.3	3.6
Havuç	1.0	1.7	2.8	4.6
Soğan	1.2	1.8	2.8	4.3
Biber	1.3	2.2	3.3	5.1
Marul	1.3	2.1	3.2	5.2
Tatlı patates	1.5	2.4	3.8	6.0
Tatlı mısır	1.7	2.5	4.0	6.0
Kereviz	1.8	3.5	5.8	10.1
Lahana	1.8	2.8	4.4	7.0
Karpuz	2.0	2.5	3.5	4.5
Kavun	2.2	3.6	5.7	9.1
Hıyar	2.5	3.3	4.4	6.3
Domates	2.5	3.5	5.0	7.6
Karnabahar	2.7	3.5	4.7	5.9
Kabak	3.9	4.9	5.9	7.9
Kuşkonmaz	5.0	8.0	11.0	13.0

Toprakta çözülebilir tuzların artmasıyla bitkinin sudan yararlanabilirliği azalmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2005). Tuzlu topraklarda ozmotik olarak bağlanan su fizyolojik kuraklığa da sebep olmaktadır (Eroğlu, 2007). Fizyolojik kuraklığa bağlı olarak bitkinin gelişiminde sorunlar meydana gelmektedir. Toprak tuzluluğu bunların yanında solunum ve kök gelişimini de olumsuz etkilemektedir. Bunların sonucunda hormonal dengede sorunlar meydana gelmekte, fotosentez azalmakta, nitrat alımının düşmesiyle protein sentezinde sorunlar oluşmakta ve bitki boyu kısalmaktadır. Tuzlu topraklarda kök gelişimi gövde gelişimine göre daha az gerilemektedir (Dölarslan ve Gül, 2012).

Tuzlu koşullarda genellikle tohum çimlenmesi engellenmekte ve verimde düşüşler meydana gelmektedir. Bazı durumlarda bitki gelişimini tamamlayamadan ölmektedir (Eroğlu, 2007). Bitkinin tuz stresinden en fazla etkilenen evresinden biri de tohum üretim evresidir. Dolayısıyla bu durum tohum verimini kötü etkilemektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Tuz stresinin bir diğer önemli sonucu da bitkinin taze ve kuru ağırlığının azalmasıdır (Genişel, 2010). Tuzluluk, toprak struktürünü değiştirerek bitki verim ve kalitesinde düşüşlere sebep olur (Aydın ve Atıcı, 2015). Tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimin ve verimin azalmasının en büyük nedeni bitkilerin tuzlu ortamlara uyum sağlayamamalarıdır (Ekmekçi ve ark. 2005).

Bitki gelişimi kuraklık, tuzluluk, su basması, organik kirleticiler, böcek zararı ve virüs gibi birçok biyotik ve abiyotik stres faktörleri tarafından engellenebilir. Belli bakteriler çevresel stres faktörlerinden bitkilerin daha az etkilenmelerine yardımcı olmaktadır (Çakmakçı, 2009). Bu bakteriler Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR)'dır.

PGPR'lar bitki gelişimini uyaran kök bakterileri olarak adlandırılırlar (Altın ve Bora, 2005). Bu bakterilerin tercih edilme sebebi bitkilerin hem farklı stres koşullarına karşı dayanıklılığını hem de hastalık oluşturan pek çok etmene karşı doğal dayanıklılığını teşvik etmesidir (Güllüce ve ark., 2012). PGPR'ların ayırıcı özelliklerinden bazıları; kök yüzeyini kolonize edebilmeleri, popülasyonlarını çoğaltabilmeleri ve sürdürülebilirlikleri, başka mikroorganizmalarla rekabet ederek gelişimi teşvik edebilmeleri gösterilebilir (İmriz ve ark., 2014). Genel olarak rizosferde bulunan kök bakterilerinin %2-5'inin PGPR olduğu bilinmektedir. Bunların çeşitliliği de bitki türü, toprak yapısı ve toprakta bulunan besin maddesi miktarına göre

değişmektedir (Anonim, 2014). Yüksek verim için fazla girdi kullanılması çevresel sorunlara, doğal kaynakların tükenmesine sebep olmaktadır (Bayrak ve Ökmen, 2014). PGPR'lar kimyasal gübreye alternatif olarak sürdürülebilir tarımda kullanılabilirler (Das ve ark., 2013). Dünyanın birçok yerinde kirleticiler olarak bilinen endüstriyel gübre ve çeşitli pestisit kullanımının azaltılması için PGPR'ın biyolojik gübre olarak kullanımı giderek artmaktadır (Çakmakçı, 2005). PGPR'lar özellikle sağlıklı bitkiye uygulandıklarında sistemik dayanıklılığı aktifleştirerek özellikle bakırlı bileşik uygulamaları gibi kimyasal uygulamalarından daha iyi sonuçlar vermektedir (Aydın ve ark., 2012).

Bu çalışmanın amacı, dört farklı kök bakterisinin farklı dozda tuz uygulanan ortamlarda yetişen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisine etkilerini ve bunun sonucunda meydana gelen değişimleri incelemektir.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Dünyada olduğu gibi ülkemiz içinde önemli bir yere sahip olan fasulye bitkisi, diğer birçok bitkide olduğu gibi abiyotik stres koşullarından fazlasıyla olumsuz etkilenmektedir.

Abiyotik stres faktörlerinde kuraklıktan sonra verimli alanlardan yararlanılmasına engel olan stres mineral stresidir. Mineral stresin büyük kısmı da tuzluluktan kaynaklanmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda toprak verimliliğine ve ürün artışını sınırlandıran tuzluluk, halofit bitkiler dışında kalan bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen en önemli sorunlardan biridir (Eroğlu, 2007). Bu sorunları en aza indirmek ve ortadan kaldırmak için çeşitli önlemler alınmaktadır. Bunlardan biri de bakterilerin kullanımıdır.

Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin, gelişmeyi teşvik mekanizmaları tam olarak açıklanamamış ancak, bu bakterilerin azotu fiksettiği, bitkisel hormon üretebildiği, fosfat çözebildiği, enzim ativitesini arttırdığı, stres etileni miktarını azalttığı, abiyotik stres koşullarının olumsuz etkilerini azalttığı, antibiyotik ve enzim gibi bileşikler sentezleyerek veya rekabet gibi mekanizmalarla patojenlere karşı antogonistik etki gösterdiği bilinmektedir (Çakmakçı ve ark., 2012). PGPR uygulamalarıyla çimlenme oranı, kök gelişmesi, verim, yaprak alanı, klorofil oranı, azot oranı, protein oranı, susuzluğa tolerans, kök ve gövde ağırlığı artmakta, yaprakların yaşlanması gecikmekte ve bazı hastalıklara dayanıklılık sağlanmaktadır (Çakmakçı, 2005).

2.1. PGPR'lar ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Dünyanın pek çok yerinde bitki gelişimini uyaran ve hastalıkları önleyen bu kök bakterileri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında birçok bakteri cinsiyle karşılaşılmaktadır. Özellikle *Pseudonas* ve *Bacillus* cinsleri bitki gelişimini uyarmanın yanında patojenlere karşı antogonistik özellikleri açısından önem taşımaktadır (Altın ve Bora, 2005). Türkiye'de en yaygın çalışılan bakteri grubu azot fikse eden, fosfat çözen ve bitkisel hormon üretebilen *Bacillus* cinsine ait türlerdir (Güneş ve ark., 2013).

Çakmakçı ve ark. (2012), azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin Muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bunun sonucunda PGPR'ın çay gelişimini teşvik ettiği, yaprak makro ve mikro element içeriğini arttırdığı gözlemlenmiştir. Araştırmada bakterilerin kimyasal gübre gereksinimini azalttığı için biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu kanısına varılmıştır.

Ertürk ve ark. (2011), Doğu Karadeniz Bölgesi asidik çay topraklarından izole edilmiş bazı bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (PGPR) çay bitkisinin fidan gelişiminde kullanım olanaklarını incelemiştir. PGPR'ların çay gelişimine olan etkileri, kullanılan bakteri ırkına ve gelişim parametrelerine göre değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çoğu bakterinin de fidan boyu, gövde çapı, total biyomas ve yaprak ağırlığını kontrole göre arttırdığını belirtilmiştir.

Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokoli fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK-92 ve *Bacillus megaterium* KBA-10 bakteri izolatları kullanılmıştır. Çalışmada PGPR'ların kontrol uygulamasına kıyasla fide boyunu % 7.85, gövde çapını % 42.56, yaprak alanını % 18.12, yaprak kuru madde miktarını ise % 41.98 oranlarında arttırdığı belirlenmiştir. PGPR'lerin besin elementi içeriği bakımından Na dışındaki besin içeriklerini arttırdığı saptanmıştır. PGPR uygulamasının brokoli fidelerinin aminoasit içeriğine (treonin, methionin, fenilalanin ve hidroksiprolin hariç) etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. PGPR uygulamalarının fidelerde organik asit içeriği bakımından artış gösterdiği belirtilmiştir. En yüksek giberallik asit (GA), salisilik asit (SA) ve absisik asit (ABA) içeriği *P. agglomerans* RK-92 uygulaması sonucunda elde edilmiştir. Sonuç olarak PGPR uygulamalarının brokoli fidelerinde aminoasit, mineral madde, organik asit ve hormon içeriklerini etkilemesi sonucu fide gelişimi ve kalitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir (Ekinci ve ark., 2015).

Ekinci ve ark. (2014), bakteri uygulamalarının domates ve hıyarda fide gelişimi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada *Bacillus megaterium*-M3, *Agrobacterium rubi*-RK-34, *Bacillus subtilis*-TV-17C ve *Pseudomonas putida*-RK-142 olmak üzere toplam dört bakteri izolatı kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bakteri uygulamalarının domates ve hıyarda fide gelişimini olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Bakterilerin genellikle fidelerde mineral madde içeriğini arttırdığı gözlenmiştir. En yüksek değerler *Pseudomanas putida*-RK-142 ve *Bacillus subtilis*-TV-17C uygulamasında elde edilmiştir.

Bitki gelişimini uyaran rizosfer bakterileri ile yapılan yaprak uygulamalarının kırmızı pancar bitkisinin verim ve gelişimine etkilerinin belirlenmesi için yapılan çalışmada dört adet bakteri (*Burkholderia gladii* BA-7, *Agrobacterium rubi* A-18 ve *Bacillus* spp. BA-140 ve M-58) kullanılmıştır. Bu çalışmayla bitki gelişimini uyaran rhizosfer bakterileri ile yapılan yaprak uygulamalarının kırmızı pancar bitkisinde verim, kalite ve bazı gelişim parametrelerini arttırmak veya iyileştirmek için kullanılabileceği belirlenmiştir (Kaymak ve ark., 2014).

Bozkurt ve ark. (2016), yapmış oldukları çalışmada bitki gelişimini teşvik eden kökbakterilerin maydanoz tohumlarının çimlenmesi ve sürgün gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Maydanoz rizosferinden toplam 49 bakteri izole edilmiştir. Bakterileri MALDI-TOF sistemi ile teşhis edilmiştir. Tohum çimlenmesi açısından kontrol ile bakteri uygulaması arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bakteri izolatlarından biri tohum çimlenmesini tamamen engellerken, 10 izolat çimlenme oranını azaltmış, 28 izolat ise kontrole kıyasla çimlenmeyi teşvik etmiştir. Sürgün gelişiminde ise kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli farklılıklar olduğu belirtilmiştir.

Kumar ve ark. (2014), in vitro tarama ile bitki gelişimini teşvik eden *Pseudomanas* ve *Bacillus* ırklarının biokontrolü ve abiyotik stres koşullarına toleransını incelemişler, bunun sonucunda yüksek sıcaklık, tuzluluk, susuzluk şartlarında *Pseudomanas* ırkları *Bacillus* ırklarına göre daha az tolerans göstermiştir. Bunun nedeni de *Bacillus* izolatları tarafından endosperm oluşumunun gerçekleşmesi olabilir. Ayrıca *Pseudomanas* ırklarının diğer iki stres koşullarına göre kuraklığa toleransı daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca yapılan antagonist etkinin *Bacillus* izolatları tarafından *Pseudomanas* ırklarına kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Yang ve ark. (2009), rizosferde bulunan bakterilerle bitkinin abiyotik stres koşullarına toleransını incelemişler, bunun sonucunda PGPR'ların tuz ve kuraklık stresinde sistemik toleransı uyardığı ve tarım topraklarında nitrat ve fosfat birikimini önleyerek topraktan gelen besin alımını arttırıp gübre ihtiyacını azalttığı sonucuna

varmışlardır. Gübre ihtiyacının azalmasıyla beraber su kirliliğine etkilerinin azalıp, çiftçiler için daha tasarruflu bir yol olduğu kanısına varmışlardır.

Heidari ve ark. (2011), su stresi altında yetiştirilen fesleğen bitkisine PGPR uygulanmasının fesleğenin fizyolojik parametrelerine ve mineral alımına olan etkilerini incelemişler; sonuç olarak uygulanan su stresi ve farklı bakteri ırklarının prolin ve bitkilerin yapraklarında çözünür karbonhidrat birikimine etki ettiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca klorofil içeriğinin tüm bakteri ırkları uygulamalarında arttığı bildirilmiştir.

Bilindiği üzere bazı PGPR'lar bitkilerde bulunan oksin, stokinin veya gibberallin gibi hormonları üretme yeteneğine sahip olup etilen sentezini engelleyebilmektedir. Abiyotik stres koşullarında stres etileni artış göstermektedir. Bunu azaltmanın etkin yolu ACC Deaminaze aktivitesini meydana getiren geni kullanmaktır. Buradaki olay bakteri uygulayarak bitkide etilen düzeyini azaltmaktır (Tuzlacı ve Ertürk, 2011).

Çakmakçı (2009), stres koşullarında ACC Deaminaze üretici bakterilerin bitki gelişimine etkisine ilişkin çalışma yapmıştır. Aminosikloropan karboksilat deaminaze (ACCD) enzimi içeren bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin, özellikle farklı çevresel koşullarda etilen düzeyini azaltarak bitki büyüme ve gelişmesine katkı sağladığını belirtmiştir. Etilen düzeyinin azalması farklı çevresel streslere karşı bitkilerin daha dayanıklı olmasına imkan sağlamaktadır.

Son yıllarda genetik mühendisliği yoluyla daha dayanıklı bitki geliştirmede belli bir başarı elde edilmiştir. Alternatif bir yaklaşım olarak da, İsrail'de bitki kök rizosferinden izole edilen ve ACC deaminaze üretici *Achromobacter piechaudii* gibi bakteriler kullanılarak tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde problemin önlenmesi yoluna gidilmektedir (Çakmakçı, 2009). Mayak ve ark. (2004), 172 mM üzerinde NaCl varlığında adı geçen bakterinin domates fidelerinde yaş ve kuru ağırlık artışına neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Kaymak ve ark. (2009), PGPR ile bio-priming uygulamalarının değişik tuz konsantrasyonlarında turp (*Raphanus sativus* L.) tohumlarının çimlenmesine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada bitkisel materyal olarak 3 adet turp çeşidi, priming ajanı olarak ise 5 adet bakteri izolatu kullanmışlardır. Araştırma sonunda, tuzlu ortamlarda biopriming uygulamasının etkisinin bakteri izolatu ve çeşide göre değiştiği belirlenmiştir. Biopriming uygulamalarının yüksek tuz konsantrasyonlarında tohum çimlenmesini önemli derecede arttırdığı tespit edilmiştir.

Yılmaz (2017), tuz stresine maruz bırakılan bazı standart ve hibrit domates çeşitlerine PGPR uygulamalarının etkisini incelemek için yaptığı çalışmanın sonunda sodyum miktarının azaldığını, potasyum, fosfor, bakır, çinko gibi besin elementlerinin de arttığını belirtmiş ve PGPR uygulamalarının tuzlu ortamda yetişen domateslerde fide gelişiminin yanında besin elementi içeriğini de olumlu etkileyerek bitki gelişiminde kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Güllüce ve ark. (2012), Pb ve Cd ile kirletilmiş alanlarda yetiştirilen turp bitkisinin verim parametreleri üzerine humik asit ve PGPR uygulamalarının etkilerini araştırmışlardır. Denemede fındık turp bitkisine 4 farklı humik asit dozu (0, 500, 1000 ve 2000 ppm), 4 farklı PGPR (kontrol, A1, Otsu-142, M3) uygulanmış, çalışmanın sonucunda Pb ile kirletilmiş topraklarda turp bitkisinden daha iyi verim alabilmek için 2000 ppm humik asit+M3 bakteri uygulaması, Cd ile kirletilmiş topraklarda 1000 ppm humik asit +Otsu-142 bakteri uygulamanın gerekli olduğu belirtilmiştir.

Aydın ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada humik asit, PGPR ve kimyasal gübre uygulamalarının brokoli (*Brassica oleracea italica*) bitkisinin bazı verim parametrelerine etkilerini incelemiştir. Çalışmada 4 humik asit dozu (0, 500, 1000 ve 2000 ppm), 4 farklı PGPR (Kontrol, C26, Otsu-142, M3), 2 kimyasal gübre kullanılmıştır. Sonuç olarak kök ağırlığının en fazla 1000 ppm humik asit ile birlikte C26 bakterisi uygulamasında, bitki ağırlığı ve klorofil içeriğinin 2000 ppm humik asit+Otsu-142 bakteri uygulamasında artış gösterdiği belirtilmiştir. Bunların yanında bakteri uygulamanın organik ve mineral kaynakların etkinliğinin artışında istatistiksel açıdan öneme sahip olduğu saptanmıştır.

Akkurt (2010), fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisine bakteri aşılamanın azot fiksasyonu, bitkinin kök ve toprak üstü organlarına etkisini belirlemek amacıyla çalışma yapmıştır. Deneme sonunda kullanılan fasulye çeşitlerinin, bakteri aşılamanın ve steril koşulların bitkinin toprak üstü % N içeriğine, kök % N ve nodül % N içeriğine etkisi önemsiz görülmüştür.

2.2. Tuz Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Turpta çimlenme ve genç bitki döneminde tuz stresinin etkilerini belirlemek için yapılan bir çalışmada materyal olarak kırmızı turp kullanılmıştır. Tuz stresi dozları 0,

25, 100 ve 150 mM NaCl olarak belirlenmiştir. Deneme sonunda NaCl dozunun artışına bağlı olarak çimlenme ve fide gelişiminin olumsuz etkilendiği ve uygulanan NaCl dozlarına paralel enzim aktivitesinde de artış olduğu belirtilmiştir (Kuşvuran ve ark., 2014).

Akay-Rastgeldi ve ark. (2014), biberde farklı tuz konsantrasyonlarının (0, 50, 100 ve 150 Mm) bazı bitki büyüme parametreleri ile Na, K, Ca, Mg içeriğine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada bazı sera sivri biberleri (Dizel F₁, Vale F₁, Kekova F₁ ve Mert F₁) ve Urfa yerli biberlerindeki etkilerine bakılmıştır. Çalışma sonunda NaCl dozlarının artışıyla gövde çapı, yaprak alanı ve kök gelişimi olumsuz olarak etkilendiği, bitki boyu, yaprak sayısı ve biomas değerlerinde ise azalma olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamalarının Na, K, Ca ve Mg içeriklerinde de farklılığa yol açtığı saptanmıştır. Tuz dozu artışıyla tüm çeşitlerin yapraklarında Na artmış, K ve Ca içerikleri azalmıştır. Mg miktarında ise önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Genişel ve Dumlupınar (2013), NaCl toksitesine maruz kalan fasulye fidelerinde kemik tozu solüsyonunun koruyucu rolünü incelemişlerdir. Bu kapsamda tuz stresine maruz kalan fasulyenin morfolojik ve biyokimyasal parametrelerine kemik tozunun etkisi bakılmıştır. Çalışmanın sonunda kemik tozu solüsyonu tuz stresindeki bitkilerin büyüme ve verimliliklerini arttırmak açısından kullanılabileceği belirlenmiştir. Bunun yanında kemik tozu solüsyonunun tuz stresi sonucu artan H₂O₂ ve lipid peroksidasyonunu indirdiği saptanmıştır.

Erdinç ve ark. (2014), potasyum uygulamalarının tuz stresi altındaki fasulye genotip ve çeşitlerinde fide gelişim ve besin maddesi içeriğine etkisinin belirlenmesi için çalışma yapmışlardır. 20 mM tuz dozu uygulanan ortamlarda Akman-98, Şeker fasulye çeşitleri ve Gevaş genotipleri yetiştirilmiştir. Kaynağı K₂SO₄ olan dört farklı konsantrasyonda K (0, 50, 1000 ve 2000 ppm) uygulanmıştır. Çalışma sonunda fide gelişim parametrelerinde genotip çeşitleri arasında farklılıklar gözlenmiş olup, ölüm oranı açısından K uygulamasının azaltıcı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Besin elementi içeriklerinin ise uygulanan K doz artışına bağlı Ca, Mg alımının artış gösterdiği ve K/Na oranında K dozlarıyla doğru orantılı bir artış gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmaların bir diğerinde Van Gölü Havzası'nda yetiştirilen bazı fasulye genotiplerin tuza tolerans seviyeleri araştırılmıştır. Bu çalışmada 20 farklı fasulye genotipi kullanılmış. Bu fasulye genotiplerine tuz stresi (25 mM ve 50 mM)

uygulanmıştır. Tuz stresine maruz kalan fasulye genotiplerinde tuza tolerans, besin elementi içerikleri gibi bir takım veriler incelenmiştir. Bu çalışmanın sonunda fasulye genotiplerinde tuz stresine karşı varyasyonlar gözlenmiştir. Fasulye genotiplerinden G30, 667 ve 675 tuza toleranslı; G2, 671, 678 ve 694 genotiplerinin de tuz stresine hassas olduğu belirtilmiştir (Kıpçak ve Erdinç, 2016).

Seymen ve Önder (2015), yaptıkları çalışmada kuru fasulye genotiplerinde tuzluluğun fide gelişimine etkisini araştırmışlardır. Bunun için toplam 28 kuru fasulye genotipi kullanılmış ve tuz stresine maruz bırakılmıştır. Çalışmanın sonunda fide gelişimi gözlemlenmiş ve kontrolle kıyaslandığında 6 genotip dayanıklı, 3 genotip duyarlı ve geri kalan genotiplerin de orta derecede dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Eroğlu (2007), tuz stresinin bazı fasulye kültür çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir. Bunun sonucunda uygulanan tuz konsantrasyonu artışına paralel olarak, incelenen tüm fasulye kültür çeşitlerinde tohum çimlenme oranı, oluşan fidelerde yaprak bağıl su içeriği ile yaprak yaş ağırlıkları azalmakta, kuru ağırlıkları ise artmaktadır. Uygulanan tuz konsantrasyonu artışına paralel olarak, incelenen tüm fasulye çeşitlerinde prolin miktarının arttığı, protein içeriğinin ise azaldığı saptanmıştır.

Fasulyelerde tuzluluğa tolerans bakımından genotipsel farklılıkların erken bitki gelişimi aşamasında belirlenmesi için yapılan bir çalışmada 67 farklı fasulye genotipiyle çalışılmıştır. Genotiplerin verdiği tepkiler sonunda farklı mekanizmalar geliştirdikleri gözlenmiştir. Bazı genotiplerin fazla miktarda Na alarak tolerans göstermesinin yanında bazılarının da Na az miktarda alıp koruma geliştirdikleri belirlenmiştir. Deneme sonunda tuzluluk stresi altında genotiplerin erken bitki gelişim evresinde iyon regulasyonu bakımından Na-sakınan ve Na- kabullenen gruplar için parametrelerin de farklı olduğu belirtilmiştir. Na-sakınan için düşük Na/K, Na/Ca oranları, düşük Na konsantrasyonu, yüksek K ve Ca tarama parametresi olabilirken; Na-kabullenen genotipleri için yüksek Na/K, Na/Ca oranları, yüksek Na ve düşük K, Ca konsantrasyonlarının tarama parametresi olabileceği belirlenmiştir (Koç, 2005).

Genişel (2010), yaptığı çalışmada CaCl_2 ve kemik tozu solüsyonu uygulamalarının, tuz (NaCl) stresine maruz bırakılmış fasulye bitkisinin fizyolojik parametreleri üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak, tuz stresi altındaki bitkilerin

yetişme ortamına destek olarak uygulanan kemik tozu solüsyonu uygulamalarının, CaCl_2 uygulamalarına göre daha etkin bir şekilde bitkinin hem protein, pigment içerikleri, antioksidan enzim aktivitelerini hem de LPO seviyesini ve H_2O_2 miktarlarını düzenleyerek bitkilere bir dereceye kadar tuz stresine karşı direnç sağlamada katkı sağladığı belirlenmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan bitkisel materyal fasulyenin ticari çeşidi olan Gina'dır. Bakteri izolatu olarak biri Ege Üniversitesi diğer üçü Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde daha önce yapılan çalışmalarda ön plana çıkan toplamda 4 adet bakteri kullanılmıştır.

3.1.1. Uygun bakteri izolatının belirlenmesi

Denemede kullanılacak bakteri izolatının belirlenmesi için öncelikle Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü stoklarında bulunan 52 adet farklı bakteri izolatu ile çalışılmıştır. Bu 52 bakteri doğal ortamdan seçilmiş bakteriler olup fasulye bitkisinde ön bir çalışma ile denenmiştir. Yapılan bu ön çalışmalar sonunda diğerlerinden daha fazla öne çıkan bakteriler belirlenerek çalışmada kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Kullanılan bakteri izolatları

Bitkisel materyal	PGPR izolatları	
	Kodu	Tür isimleri
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (Gina)	R15/1	<i>Pseudomonas koreensis</i>
	R38/1	<i>Pseudomonas sp.</i>
	R54/2	<i>Pseudomonas koreensis</i>
	66/3	<i>Bacillus subtilis</i>

3.1.2. Bitkinin yetiştirildiği ortamın özellikleri

Tohumlar steril perlit ile doldurulmuş olan saksılara ekilmiştir. Kullanılan perlit içeriği aşağıda belirtilmiştir.

Perlit içeriği:

SiO₂ (72.0 – 76.0 %), Al₂O₃ (11.0 – 17.0 %), K₂O (4.0 – 5.0 %), Na₂O (2.9 – 4.0 %), CaO (0.5 – 2.0 %), MgO (0.1 – 0.5 %), Fe₂O₃ (0.5 – 1.5 %), TiO₂ (0.03 – 0.2 %), MnO₂ (0.03 – 0.1 %), SO₃ (0 – 0.2 %), H₂O (2 – 7 %).

3.1.3. Kullanılan besin solüsyonu

Bitki gelişimi için belli besin elementleri içeren A ve B solüsyonları kullanılmıştır. Besin solüsyonu içerikleri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. A besin solüsyonu içeriği

A Besin solüsyonu (%)*	
Toplam azot (N)	10.03
Amonyum azotu (NH ₄ -N)	1.6
Nitrat azotu (NO ₃ -N)	8.7
Suda çözünür potasyum oksit (K ₂ O)	7.5
Kalsiyum (Ca)	8.6
Demir DTPA (Fe)	0.3

*1 litre suya 2 ml A ve 2 ml B karıştırıldığında suyun EC değerini 2.2 mS/cm’ ye çıkarır.

Çizelge 3.3. B Besin solüsyonu içeriği

B Besin solüsyonu (%)*	
Toplam azot (N)	2.1
Nitrat azotu (NO ₃ -N)	2.1
Suda çözünür fosfor pentaoksit (P ₂ O ₅)	6.4
Magnezyum (Mg)	1.6
Çinko (Zn)	0.01
Bakır (Cu)	0.003
Mangan (Mn)	0.1
Bor (B)	0.03
Molibden (Mo)	0.004

*1 litre suya 2 ml A ve 2ml B karıştırıldığında suyun EC değerini 2.2 mS/cm’ ye çıkarır

3.1.4. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odası ve laboratuvar

Deneme çalışması Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü iklim odası, Bahçe Bitkileri laboratuvarı ve Bitki Koruma Bölümü Bateriyoloji laboratuvarında yürütülmüştür. İklim odası; 24 ± 2 °C sıcaklıkta 12 saat aydınlık 12 saat karanlık % 60 – 65 nem şartlarında olup bitkiler burada yetiştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Bitkilerin yetiştirildiği ortam.

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi

Deneme üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Tuz uygulaması (NaCl) kontrolle birlikte dört düzeyde (0, 20, 40, 60 mM), bakteri uygulaması kontrolle birlikte beş farklı bakteri uygulaması olarak yapılmıştır. Toplamda deneme 20 uygulama $\times$ 3 tekerrür ve her tekerrür de 8 saksı olmak üzere, toplamda 480 saksı steril perlit ile doldurulmuştur. Tohumlar musluk suyu yardımıyla yıkanarak koruyucu tohum ilaçlarından arındırılmış ve daha sonra saksılara ekimi yapılmıştır. Toplam 480 fasulye bitkisi 24 ± 2 °C, % 60 – 65 nem, 12 saat

aydınlık 12 saat karanlık olan kontrollü koşullardaki iklim odasında yetiştirilmiştir. Her gün düzenli olarak sulamaları eşit miktarda yapılmıştır. Kotiledon yapraklar açıldıktan sonra fide başına 20 ml gelecek şekilde yetiştirme periyodu boyunca 2 kez besin solüsyonu verilmiştir. Deneme 4 hafta sonra sonlandırılmıştır.

3.2.2. Tuz stresinin oluşturulması

Tuz uygulamaları kontrolle birlikte 4 düzeyde verilmiştir. Uygulamalar 0, 20, 40, 60 mM olarak ayarlanmıştır. Tuz uygulamaları saksılara ekilen fasulye bitkisinin gerçek yaprak çıkışını takiben, üçer gün aralıklarla 3 defa uygulanmıştır.

3.2.3. Bakteri izolatlarının uygulanması

Bakteri uygulaması için her bir kök bakterisi izolatu 5 cm'lik petrilerdeki KB besi yerine ekilerek 48 saat 24 °C'de geliştirilmiştir. Bakteri kültürleri %1,5'luk CMC (Karboksil Metil Selüloz) ile süspanse edilmiştir. Yıkanan tohumlar öncelikle bakteriyle kaplanıp ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçek yapraklar oluşup ikinci gerçek yaprakların açılması sırasında kök bakteri izolatları (10^8 cfu/ml) köklere içirme biçiminde (10 ml/fide) uygulanmıştır (Akköprü, 2012).

3.2.4. Fide gelişim parametrelerinin belirlenmesi

3.2.4.1. Sürgün boyunun belirlenmesi

Fasulye fideleri sökölüp kök kısımlarının perlitten ayırma işlemi yapılmıştır. Daha sonra kök kısmı sürgünden makas yardımıyla ayrılmıştır. Sürgün kısmı cetvel yardımıyla cm olarak ölçülmüştür.

3.2.4.2. Sürgün çapının belirlenmesi

Sürgün çapı kumpas yardımıyla mm cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Fasulye fidelerinin gelişim parametrelerinin belirlenmesi.

3.2.4.3. Sürgün ve kök yaş ağırlıklarının belirlenmesi

Fasulye bitkilerinin kök ve sürgün kısmı birbirinden ayrıldıktan sonra ayrı ayrı hassas terazide tartım işlemi yapılmıştır.

3.2.4.4. Sürgün ve kök kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Yaş ağırlıkları belirlendikten sonra bitkilerin kök ve sürgün kısımları kese kağıtlara konularak 70 °C'de 48 saat boyunca kurutma dolabında tutulmuştur. Daha sonra tam anlamıyla kurumanın gerçekleştiği örneklerin hassas terazide tartımı yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Bitkilerin kurutma aşamasına hazırlanması.

3.2.5. Makro ve mikro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi

Kurutma kağıtlarında 70 °C'de 48 saat kurutma dolabında kurutulan bitki örnekleri öğütülerek 0,5 gramı yakma işlemine tabi tutulmuş ve çeşitli aşamalardan sonra elde edilen süzükler Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede okutularak demir (Fe), mangan (Mn), Çinko (Zn), bakır (Cu), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve potasyum (K) (ppm) içerikleri belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Fasulye fide yapraklarında fosfor (P) analizi toplam bitki örneklerinde yapılmıştır. Yapraklardan 0,5 gr yakma işlemine tabi tutulup, çeşitli aşamalardan sonra elde edilen süzükler de vanadomolibdofosforik sarı yöntemi ile spektrofotometre kullanılarak fosfor (P) değerleri (ppm) tespit edilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).



Şekil 3.4. Bitki örneklerinin spektrofotometrede okutulması.

3.2.6. Klorofil ve karotenoid içeriğinin belirlenmesi

Fasulye bitkilerinin sürgün uçlarından alınan yaprak örneklerinden 0,25 gr ayrılmıştır. % 80'lik aseton çözeltisi hazırlanmıştır. Alınan numuneler fallop tüpüne konularak üzerine 10 ml aseton çözeltisi eklenip homojenizatörde parçalanmıştır. Daha sonra santrifüj tüplerine aktarılan örnekler 4000 rpm de 8 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örnekler 25'lik balon jojelere süzülüp aseton çözeltisi eklenerek 25 ml'ye tamamlanmıştır. Işık almayan yerde bir süre bekletildikten sonra örnekler kuartzlara doldurulup spektrofotometrede istenilen dalga boylarında okunmuştur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Bitki örneklerinin klorofil içeriklerinin belirlenmesi.

Klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları aşağıdaki hesaplama yöntemleriyle hesaplanmıştır (Lichtenthaler ve Wellburn, 1983).

$$\text{Klorofil a } (\mu\text{g/ml}) = 12.95(A_{663}) - 2.81(A_{646})$$

$$\text{Klorofil b } (\mu\text{g/ml}) = 20.13(A_{646}) - 5.03(A_{663})$$

$$\text{Toplam klorofil } (\mu\text{g/ml}) = \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b}$$

$$\text{Karotenoid } (\mu\text{g/ml}) = (1000A_{470} - 3.27[\text{klorofil a}] - 104[\text{klorofil b}])/227$$

3.2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket programı kullanılmış ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır (Düzgüneş, 1987).

4. BULGULAR

4.1. Fide Gelişim Parametreleri

Bu başlık altında sürgün boyu, sürgün çapı, sürgün yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlık ve kök kuru ağırlıklarına ait bulgular sunulmuştur.

4.1.1. Sürgün Boyu

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgün boyları arasındaki farklar istatistiki olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Bununla birlikte PGPR uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Tuz uygulamalarında doz artışıyla birlikte bitkilerin sürgün boyu kontrole kıyasla azalmıştır. Kontrol grubu bitkilerin sürgün boy ortalamaları 40.83 cm ile en uzun değeri verirken, T3 (60 mM) tuz dozuna maruz kalan bitkiler 25.74 cm ile en kısa sürgün boyu ortalamasına sahip olmuştur. PGPR uygulamalarının sürgün boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamasına rağmen, R38/1 PGPR uygulaması 36.49 cm sürgün boyu ortalaması ile en yüksek değere sahip olurken, R15/1 PGPR uygulaması en düşük sürgün boyu (31.43 cm) değerine sahip olmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda da değerler 20.65 cm - 46.25 cm değerleri arasında yer almıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün boyuna etkileri (cm)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	36.15 ^{öd}	35.80	35.90	20.65	32.53 ^{öd}
R15/1	41.00	30.30	32.30	22.15	31.43
R38/1	46.25	41.33	33.15	28.47	36.49
R54/2	36.63	37.87	32.00	29.00	34.25
66/3	44.43	30.97	37.87	25.53	34.70
Ortalama	40.83 A**	35.61 A	34.68 A	25.74 B	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0.01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.1.2. Sürgün Çapı

Tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgün çapına etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmazken, PGPR uygulamalarının sürgün çapına etkisi istatistiki olarak önemli ($P \leq 0,05$) görülmüştür. En düşük (3.21 mm) sürgün çapı ortalamasına ise R15/1 PGPR uygulamasındaki bitkiler sahiptir. Ortalama sürgün çapı en yüksek (3.48 mm) olan R54/2 PGPR uygulamasıdır. R15/1 PGPR uygulamasını sırasıyla R38/1 ve 66/3 PGPR uygulamaları takip etmektedir. Tuz uygulamalarının etkisi istatistiki açıdan önemsiz olmasına rağmen 20 mM (T1) doz tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerin sürgün çapı 3.34 mm ile en yüksek, kontrol (T0) ve 40 mM (T3) doz tuz uygulamasındaki bitkiler 3.26 mm ile en düşük değere sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda ise değerler 2.97 mm - 3.67 mm arasında yer almıştır. Sürgün çapı açısından PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün çapına etkileri (mm)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	3.46 ^{öd}	3.21	3.28	3.25	3.29 A*
R15/1	2.97	3.20	3.14	3.54	3.21 B
R38/1	3.25	3.54	3.03	3.12	3.23 A
R54/2	3.63	3.67	3.58	3.34	3.48 A
66/3	3.21	3.08	3.36	3.35	3.25 A
Ortalama	3.26 ^{öd}	3.34	3.26	3.32	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.1.3. Sürgün Yaş Ağırlığı

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgün yaş ağırlığı ortalamaları arasındaki fark istatistiki bakımdan ($P \leq 0,05$) önemli bulunmuştur. En yüksek sürgün yaş ağırlığına sahip uygulama 4.91 gr ile kontrol (T0) grubundaki bitkiler olurken, 3.76 gr ile en düşük ağırlık ortalamasına 60 mM (T3) doz tuz uygulamasına maruz bırakılan bitkiler olmuştur. PGPR uygulamaları sonucu ortaya

çıkan ortalamalardaki farklar istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. Bununla birlikte, 4.77 gr ile en yüksek sürgün yaş ağırlığı ortalamasına R15/1 bakteri izolatu uygulanan bitkiler sahip olurken, en düşük sürgün yaş ağırlığına 4.28 gr ortalama ile R54/2 bakteri izolatu uygulanan bitkiler olmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu değerleri 3.34 gr - 6.03 gr arasında yer almıştır. Ancak PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün yaş ağırlığına etkileri (gr)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	4.26 ^{öd}	3.89	4.72	4.36	4.30 ^{öd}
R15/1	4.58	5.09	4.73	4.50	4.77
R38/1	5.14	5.75	3.41	3.45	4.47
R54/2	5.00	4.57	4.17	3.34	4.28
66/3	6.03	4.35	4.63	3.40	4.47
Ortalama	4.91 A*	4.73 A	4.42 AB	3.76 B	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.1.4. Kök Yaş Ağırlığı

PGPR ve tuz uygulamalarının Gina fasulye bitkisinin kök yaş ağırlığı üzerine olan etkileri istatistiki açıdan önemli sayılmamıştır. Bununla birlikte, PGPR uygulamalarında en yüksek değere 2.71 gr ortalamayla R15/1 PGPR uygulaması sahip olurken, en düşük ortalamaya 2.27 gr ile 66/3 PGPR uygulaması sahip olmuştur. Tuz uygulamalarında ise 2.36 gr ile en düşük ortalamayı T3 (60 mM) tuz uygulamasındaki bitkiler verirken, en yüksek ortalamayı 2.74 gr ile T1 (20 mM) tuz uygulamasında bulunan bitkiler vermiştir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda değerler 1.95 gr – 3.14 gr arasında yer almıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde kök yaş ağırlığına etkileri (gr)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	2.05 ^{öd}	2.46	2.52	2.74	2.44 ^{öd}
R15/1	2.52	2.74	2.77	2.85	2.71
R38/1	2.54	3.14	2.26	2.08	2.50
R54/2	2.56	3.10	2.35	2.14	2.50
66/3	2.42	2.27	2.44	1.95	2.27
Ortalama	2.42 ^{öd}	2.74	2.47	2.36	

öd: Önemli değil

4.1.5. Sürgün Kuru Ağırlığı

PGPR uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunun Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgün kuru ağırlık ortalamalarına etkisi istatistiki bakımdan önemsiz kabul edilirken, tuz uygulamaları sonucu sürgün kuru ağırlık ortalamaları arasındaki fark istatistiki açıdan $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. 20 mM (T1) doz tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerin sürgün kuru ağırlık ortalamaları 0.68 gr ile en yüksek değere sahipken, 60 mM (T3) doz tuz uygulamasındaki bitkilerin sürgün kuru ağırlık ortalaması 0,46 gr ile en düşük değere sahiptir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde sürgün kuru ağırlığına etkileri (gr)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	0.55 ^{öd}	0.67	0.60	0.56	0.60 ^{öd}
R15/1	0.55	0.74	0.58	0.44	0.60
R38/1	0.55	0.62	0.54	0.44	0.53
R54/2	0.40	0.77	0.58	0.44	0.54
66/3	0.79	0.61	0.67	0.40	0.60
Ortalama	0.56 AB*	0.68 A	0.60 AB	0.46 B	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

PGPR uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. 0.60 gr sürgün kuru ağırlığı ortalamasıyla kontrol, R15/1 ve 66/3

bakteri izolatları en yüksek değere sahipken, en düşük ortalama ise 0.53 gr ile R38/1 bakteri izolatı uygulanan bitkiler sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda da değerler 0.40 gr – 0.79 gr arasında yer almıştır (Çizelge 4.5).

4.1.6. Kök Kuru Ağırlığı

Gina fasulye çeşidi bitkilerin kök kuru ağırlıkları üzerine PGPR ve Tuz uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Tuz uygulamalarında en yüksek (0.22 gr) kök kuru ağırlık ortalaması T0 (Kontrol) uygulamasında bulunan bitkilerde gözlenirken, en düşük (0.16 gr) ortalama T3 (60 mM) uygulamasında bulunan bitkiler sahiptir. R54/2 PGPR uygulaması 0.22 gr kök kuru ağırlık ortalamasıyla en yüksek değeri verirken, 0.17 gr ortalama ile en düşük kök kuru ağırlığını 66/3 PGPR uygulamasındaki bitkiler vermektedir. Ayrıca PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri 0.14 gr – 0.35 gr arasında yer almaktadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinde kök kuru ağırlığına etkileri (gr)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	0.19 ^{öd}	0.21	0.20	0.19	0.20 ^{öd}
R15/1	0.19	0.22	0.20	0.17	0.20
R38/1	0.19	0.25	0.18	0.14	0.19
R54/2	0.35	0.21	0.19	0.15	0.22
66/3	0.18	0.18	0.19	0.14	0.17
Ortalama	0.22 ^{öd}	0.21	0.19	0.16	

öd: Önemli değil

4.2. Besin Elementi İçerikleri

Bu başlık kapsamında farklı dozlarda tuz ve PGPR uygulamaları altında yetişen Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgün ve köklerinde bulunan besin elementi içerikleri ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2.1. Sürgün ve Kökte Fosfor Miktarı

PGPR ve farklı dozlardaki tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkilerinin sürgünlerindeki fosfor (P) içeriğine etkisi incelenmiştir. Uygulanan tuz dozu miktarı arttıkça fasulye bitkisinin sürgünlerinde fosfor içeriğinde de artış olduğu saptanmıştır. Bu durum istatistiki açıdan da önemli ($P \leq 0,05$) kabul edilmiştir. T3 (60 mM) tuz uygulamasındaki bitkilerin sürgünlerinde % 0.71 ortalama ile P en yüksek değere sahipken, T0 (Kontrol) uygulamasındaki bitkilerin ise fosfor alımı % 0.53 ortalama ile en düşük seviyededir. Bunların dışında T1 (20 mM) ve T2 (40 mM) uygulamasına maruz kalan bitkilerin ortalamaları arasındaki fark önemsizdir. Sürgünlerin fosfor içeriği üzerine PGPR uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek fosfor miktarı % 0.65 ile R54/2 PGPR uygulamasındaki bitkilerin sürgünlerinde bulunmuş ve bunu R38/1 ve 66/3 PGPR uygulamalarında bulunan bitki sürgünleri takip etmiştir. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki açıdan önemli görülmemiştir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda değerler % 0.51 - % 0.89 ortalamaları arasındadır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan fosfor (P) miktarına etkileri (%)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	0.51 ^{öd}	0.66	0.57	0.53	0.58 ^{öd}
R15/1	0.48	0.54	0.57	0.61	0.55
R38/1	0.61	0.56	0.59	0.74	0.63
R54/2	0.57	0.71	0.74	0.62	0.65
66/3	0.58	0.54	0.57	0.89	0.63
Ortalama	0.53B*	0.60AB	0.61AB	0.71A	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

Gina fasulye çeşidi bitkilerinin köklerindeki fosfor alımına PGPR uygulamalarının etkisi istatistiki anlamda önemli bulunmamıştır. En yüksek fosfor içeriği kontrol ve R15/1 uygulamalarında yetişen bitki köklerinde saptanmıştır. R54/2 PGPR uygulamasındaki bitki köklerinde ise en düşük fosfor (P) içeriğine rastlanmıştır. Farklı dozlardaki tuz uygulamalarının ise $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli olduğu istatistiksel

olarak belirlenmiştir. Tuz uygulamalarında doz artışı ile köklerdeki P alımı artış göstermiştir. En yüksek P miktarı (% 0.53) 60 mM doz tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerin köklerinde gözlenmiştir. T0 (Kontrol) uygulamasındaki bitki kökleri de en düşük P içeriğine sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda ise değerler % 0.31 - % 0.61 ortalamaları arasında yer almaktadır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan fosfor (P) miktarına etkileri (%)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	0.36 ^{öd}	0.51	0.51	0.48	0.47 ^{öd}
R15/1	0.38	0.49	0.49	0.51	0.47
R38/1	0.31	0.38	0.45	0.54	0.42
R54/2	0.39	0.34	0.49	0.47	0.41
66/3	0.38	0.40	0.37	0.61	0.45
Ortalama	0.37 C**	0.43 BC	0.47 AB	0.53 A	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.2.2. Sürgün ve Kökte Potasyum Miktarı

Farklı dozlarda tuz stresine maruz bırakılan Gina fasulye çeşidi bitkilerin yeşil aksamındaki potasyum (K) miktarı istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tuz doz artışına rağmen sürgündeki % K içeriği ortalamaları benzer sonuçlar göstermiştir. En yüksek K ortalaması T2 (40 mM) tuz uygulamasındaki bitkilerin sürgünlerinde tespit edilmiştir. Sürgün K alımı üzerine PGPR' in etkisi istatistiki açıdan önemli ($P \leq 0,05$) görülmemiştir. % 4.12 ile kontrol grubundaki sürgünler en yüksek K ortalamasına sahipken, % 3.48 ortalama ile en düşük K miktarı R38/1 PGPR uygulamasında bulunan sürgünlere aittir. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri % 3.26 – % 4.26 ortalamaları arasındadır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan potasyum (K) miktarına etkileri (%)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	4.26 ^{öd}	4.06	4.17	4.01	4.12 A*
R15/1	3.56	3.41	3.64	3.69	3.61 AB
R38/1	3.41	3.26	3.50	3.72	3.48 B
R54/2	3.35	3.97	3.66	3.52	3.62 A
66/3	3.73	3.75	3.91	3.73	3.78 A
Ortalama	3.62 ^{öd}	3.73	3.78	3.71	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

PGPR uygulamaları sonucu Gina fasulye çeşidi bitkilerin köklerinde en yüksek (% 1.30) K ortalaması R38/1 PGPR uygulamasında, % 0.67 ile en düşük K ortalaması R15/1 PGPR uygulamasındaki bitki köklerinde görülmüştür. PGPR uygulamaları istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Farklı dozlardaki tuz uygulamalarının ise $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir. Farklı dozlarda tuza maruz bırakılan fasulye bitkisinin köklerinde % 0.97 ortalama ile en yüksek K içeriğine T0 (Kontrol) grubu bitkileri sahipken, en düşük (% 0.62) K ortalamasına T2 (40 mM) uygulamasındaki bitki kökleri olmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri % 0.43 – % 1.16 ortalamaları arasında yer almıştır. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiksel olarak önemli görülmemiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan potasyum (K) miktarına etkileri (%)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	0.71 ^{öd}	1.00	0.63	0.64	0.76 ^{öd}
R15/1	0.93	0.61	0.61	0.61	0.67
R38/1	1.16	0.80	0.67	0.95	1.30
R54/2	1.11	0.43	0.52	0.67	0.70
66/3	0.89	0.87	0.66	0.88	0.82
Ortalama	0.97 A*	0.74 B	0.62 B	0.75 B	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.2.3. Sürgün ve Kökte Kalsiyum Miktarı

Tuz uygulamalarının Gina fasulye bitkisinin sürgünündeki kalsiyum (Ca) içeriğine etkisi istatistiksel olarak $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bulunurken, PGPR uygulamalarının sürgündeki Ca içeriğine etkisi $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. PGPR uygulamaları sürgünde Ca alımını kontrol grubunda bulunan bitkilere kıyasla negatif yönde etkilemiştir. Kontrol uygulamasında yetişmiş olan bitki sürgünleri % 2.71 Ca ortalama ile en yüksek değere sahipken, % 1.89 Ca ortalama ile R38/1 PGPR uygulamasındaki bitki sürgünleri en düşük Ca ortalama ile sahiptir. Farklı doz tuz uygulamalarında yetişen bitkilerin Ca (kalsiyum) içeriği ise kontrol (T0) uygulamasında ki bitkilerde en yüksek (% 2.27) ortalama olarak belirlenirken, 20 mM (T1) doza maruz kalan sürgünlerin en düşük (% 2.03) ortalama ile sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Sürgün kalsiyum içeriği üzerine PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda da farklı değerler gözlenmektedir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. En yüksek Ca değerine % 3.93 ortalama ile kontrol grubunda ki T0 tuz uygulamasında rastlanmaktadır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan kalsiyum (Ca) miktarına etkileri (%)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	3.93 a**	2.38 bc	2.45 b	2.34 bc	2.71 A**
R15/1	2.14 bcd	2.26 bcd	2.21 bcd	1.88 bcd	2.10 B
R38/1	1.65d	1.75 cd	1.80 bcd	2.32 bcd	1.89 B
R54/2	2.18 bcd	1.86 bcd	1.91 bcd	1.71 cd	1.92 B
66/3	2.01 bcd	1.92 bcd	1.89 bcd	2.24 bcd	2.01 B
Ortalama	2.27 A*	2,03 B	2.08 A	2.07 A	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır

* : Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır

PGPR ve tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkilerinin köklerinde ki Ca alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamasında yetiştirilen bitkilerin köklerinde bulunan kalsiyum miktarları kendi aralarında çeşitli farklılıklar göstermektedir. En yüksek Ca ortalama % 1.77 ile 66/3 PGPR grubunda yetişen bitkilere aitken, en düşük (% 1.48) kalsiyum miktarı ise R54/2 PGPR

uygulamasına aittir. Tuz uygulamalarında ise % 1.79 ortalama ile en yüksek değere T3 (60 mM) grubunda bulunan bitkilerde rastlanmaktadır. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonda istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri % 0.98 – % 2.01 ortalamaları arasında yer almaktadır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan kalsiyum (Ca) miktarına etkileri (%)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	1.53	1.53	1.40	1.97	1.62 ^{öd}
R15/1	1.48	1.72	1.70	1.91	1.68
R38/1	1.53	1.91	1.66	1.70	1.70
R54/2	1.78	1.30	0.98	1.70	1.48
66/3	1.75	2.01	1.65	1.68	1.77
Ortalama	1.62 ^{öd}	1.70	1.52	1.79	

öd: Önemli değil

4.2.4. Sürgün ve Kökte Magnezyum Miktarı

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgünlerinde bulunan magnezyum (Mg) ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Bunun yanında PGPR uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Tuz uygulamalarında en yüksek Mg alımı % 0.70 ortalama ile T0 (Kontrol) uygulamasında yetişen bitki sürgünlerinde belirlenmiştir. Tuz dozunun artmasıyla Mg alımı kontrol (T0) uygulamasına kıyasla azalmıştır. 60 mM (T3) doz tuz uygulamasına maruz kalan bitki sürgünlerinin Mg içeriği ise en düşük (% 0.59) ortalama sahiptir. PGPR uygulamalarının magnezyum alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmasına rağmen, en yüksek Mg içeriği % 0.65 ortalama ile 66/3 PGPR uygulamasındaki bitkilerde, % 0.60 ortalama ile en düşük Mg içeriği ise kontrol PGPR uygulamasında ki bitki sürgünlerinde ölçülmüştür. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri % 0.53 - % 0.74 arasındadır.

Çizelge 4.13. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan magnezyum (Mg) miktarına etkileri (%)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	0.74 ^{öd}	0.55	0.58	0.57	0.60 ^{öd}
R15/1	0.70	0.61	0.64	0.58	0.61
R38/1	0.67	0.63	0.56	0.53	0.60
R54/2	0.72	0.63	0.60	0.58	0.63
66/3	0.69	0.64	0.60	0.66	0.65
Ortalama	0.70 A**	0.61 B	0.60 B	0.59 B	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin köklerinde bulunan magnezyum (Mg) ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak ($P \leq 0,05$) önemli bulunurken, PGPR uygulamalarının bitki köklerindeki Mg içeriğine etkisi de istatistiki olarak ($P \leq 0,01$) önemli bulunmuştur. PGPR uygulamaları sonucunda en fazla (% 0.85) Mg içeriğine R15/1 PGPR uygulanan bitki köklerinde rastlanmaktadır. % 0.54 ortalamayla en düşük Mg miktarı ise R54/2 PGPR uygulamasındaki bitki köklerinde ölçülmüştür. Tuz uygulamalarında en yüksek Mg alımı % 0.79 ortalamayla T0 (Kontrol) grubunda yer alan bitki köklerinde ölçülürken, en düşük Mg ise % 0.67 ortalamayla T3 (60 mM) tuz uygulamasında ki bitki köklerinde ölçülmüştür (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan magnezyum (Mg) miktarına etkileri (%)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	0.85	0.66	0.74	0.60	0.71 B**
R15/1	0.90	0.90	0.84	0.70	0.85 A
R38/1	0.73	0.88	0.70	0.74	0.76 AB
R54/2	0.69	0.38	0.47	0.60	0.54 C
66/3	0.80	0.64	0.69	0.75	0.72 B
Ortalama	0.79 A*	0.69 AB	0.70 AB	0.67 B	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır

* : Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır

Köklerde bulunan % Mg ortalamaları açısından T1 (20 mM) ve T2 (40 mM) tuz uygulamaları sonucu oluşan Mg ortalamaları arasındaki fark önemsiz görülmüştür. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda değerler % 0.38 - % 0.90 arasında yer almaktadır (Çizelge 4.14).

4.2.5. Sürgün ve Kökte Sodyum Miktarı

PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu ve PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgünlerinde bulunan sodyum (Na) içeriği ortalamalarına etkisi istatistiki bakımdan önemsiz bulunurken, farklı dozlarda tuz uygulamalarına maruz kalan bitkilerin sürgünlerinde bulunan % Na ortalamaları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli ($P \leq 0,05$) bulunmuştur. Uygulanan tuz dozunun artışıyla sürgündeki Na miktarı kontrol grubunda yetişen bitki sürgünlerine kıyasla artış göstermiştir. En yüksek Na ortalamasına % 3.01 ile 60 mM (T3) doz tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerin sürgünleri sahipken, en düşük Na ortalamasına % 1.08 ile kontrol grubunda yer alan bitki sürgünleri sahip olmuştur. PGPR uygulamalarında ise en yüksek (% 2.12) Na içeriği R54/2 uygulamasında yer alan bitki sürgünlerinde bulunurken, en düşük (% 1.76) Na içeriği ise 66/3 uygulamasındaki bitki sürgünlerinde ölçülmüştür. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri % 0.75- % 3.81 arasında yer almaktadır (Çizelge 4.15)

Çizelge 4.15. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan sodyum (Na) miktarına etkileri (%)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	2.11 ^{öd}	1.37	2.33	3.81	2.10 ^{öd}
R15/1	0.75	1.88	2.14	3.12	2.00
R38/1	0.80	1.56	2.30	2.91	1.90
R54/2	0.81	1.74	2.52	3.40	2.12
66/3	1.27	1.30	2.35	2.61	1.76
Ortalama	1.08 C**	1.52 B	2.31 A	3.01 A	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin köklerinde bulunan sodyum ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Ancak PGPR uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Tuz uygulamalarında en düşük sodyum içeriği % 3.45 ortalamayla T0 (Kontrol) uygulamasındaki bitki köklerine aittir. T3 (60 mM) tuz uygulamasında bulunan bitki köklerinin ise Na içeriği % 5.23 ile en yüksek ortalama sahiptir. PGPR uygulamaları sonucu en yüksek (% 5.10) Na ortalamasına 66/3 PGPR grubunda rastlanmaktadır. En düşük Na miktarı ise % 3.85 ortalama ile R54/2 PGPR uygulamasında yetişen bitki köklerinde bulunmaktadır. Gina fasulye çeşidi bitkilerinin köklerinde ki PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu % 2.88 - % 5.99 değerleri arasındadır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan sodyum (Na) miktarına etkileri (%)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	2.98 ^{öd}	4.32	4.74	5.99	4.51 ^{öd}
R15/1	3.94	4.25	5.55	3.75	4.43
R38/1	3.20	5.46	3.73	5.60	4.50
R54/2	4.04	3.31	2.90	4.82	3.85
66/3	2.88	5.58	5.37	5.52	5.10
Ortalama	3.45B**	4.58AB	4.57B	5.23A	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.2.6. Sürgün ve Kökte Demir Miktarı

PGPR ve tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkilerinin sürgünlerindeki demir alımı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamalarında en yüksek demir ortalaması 146.47 mg/L ile 66/3 PGPR uygulamasındaki bitki sürgünlerinde bulunurken, R15/1 PGPR uygulamalarındaki bitki sürgünleri 118.05 mg/L ile en düşük Fe ortalamasına sahiptir. Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerin sürgünlerindeki Fe içeriğine bakıldığında en yüksek ortalamanın (137.10 mg/L) T3 tuz uygulamasında olduğu görülmektedir. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda istatistiki açıdan önemsiz

bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksiyon değerleri 105.37 mg/L - 179.86 mg/L arasında yer almaktadır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan demir (Fe) miktarına etkileri (mg/L)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	128.80 ^{öd}	129.70	105.37	111.09	118.50 ^{öd}
R15/1	116.67	112.43	119.86	119.51	118.05
R38/1	126.21	139.20	138.07	140.05	135.88
R54/2	142.63	131.90	169.49	135.03	142.51
66/3	136.57	134.80	134.62	179.86	146.47
Ortalama	130.27 ^{öd}	129.24	130.62	137.10	

öd: Önemli değil

PGPR ve farklı dozlarda tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkilerinin köklerindeki Fe içeriğine olan etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bunun yanında PGPR x Tuz uygulamaları interaksiyonu da istatistiki açıdan önem taşımamaktadır. Tuz uygulamalarında ki bitki köklerinde en yüksek Fe içeriği 413.72 mg/L ortalama ile T1 (20 mM) tuz uygulamasında bulunurken, en düşük demir ortalamasına 370.85 mg/L sonucu ile T3 (60 mM) tuz uygulamasına maruz kalan bitki köklerinde rastlanmaktadır. PGPR uygulanan bitki köklerinde en yüksek Fe içeriği 430.19 mg/L ortalamayla R15/1 uygulamasına aitken, en düşük (366.52 mg/L) demir miktarı ise 66/3 PGPR uygulamasındaki bitkilere aittir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan demir (Fe) miktarına etkileri (mg/L)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	342.28 ^{öd}	391.07	348.07	400.13	370.39 ^{öd}
R15/1	456.98	397.81	446.20	414.21	430.19
R38/1	432.27	384.47	446.47	407.65	417.72
R54/2	396.74	453.24	392.53	307.85	387.58
66/3	329.45	456.14	371.62	338.90	366.52
Ortalama	391.55 ^{öd}	413.72	401.02	370.85	

öd: Önemli değil

4.2.7. Sürgün ve Kökte Çinko Miktarı

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgünlerinde bulunan çinko ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiksel olarak önemsiz görülmüştür. Tuz uygulamalarında en yüksek (44.78 mg/L) Zn alımı T3 (60 mM) grubunda bulunan bitki sürgünlerinde gerçekleşmiştir. En düşük Zn içeriği 36.83 mg/L ortalama ile T2 (40 mM) tuz uygulamasında bulunan bitki sürgünlerine aittir. PGPR uygulamalarında en düşük (32.60 mg/L) Zn içeriği kontrol grubundaki sürgünlerin ortalamalarında gözlenmektedir. R54/2 PGPR uygulamasında bitki sürgünlerinin Zn içeriği 44.31 mg/L ile en yüksek ortalamaya sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda ise değerler 29.45 mg/L – 54.53 mg/L arasındadır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan çinko (Zn) miktarına etkileri (mg/L)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	29.45	37.25	33.58	29.62	32.60 ^{öd}
R15/1	31.60	46.14	40.36	45.81	39.95
R38/1	35.96	37.76	37.49	40.01	37.80
R54/2	43.48	39.41	41.13	52.17	44.31
66/3	40.68	37.29	31.15	54.53	40.52
Ortalama	39.72 ^{öd}	38.67	36.83	44.78	

öd: Önemli değil

Tuz stresine maruz bırakılan Gina fasulye çeşidi bitkilerin köklerindeki çinko (Zn) miktarı istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tuz uygulamalarında en yüksek değere 40.53 mg/L ortalama ile 20 mM (T1) doz tuz uygulamasında yetişen bitki kökleri sahipken, en düşük ortalama ile (38.23 mg/L) 40 mM doz tuz uygulamasındaki bitkiler sahiptir. PGPR uygulamalarının bitki köklerindeki Zn içeriğine etkisi ise istatistiki olarak ($P \leq 0,05$) önemli bulunmuştur. R54/2 PGPR uygulamasındaki bitki kökleri en yüksek çinko alımıyla 44.82 mg/L ortalamasına sahipken, en düşük Zn içeriğine 32.90 mg/L ortalama ile 66/3 PGPR uygulamasında yetişen bitki kökleri sahiptir. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki açıdan önemli

görülmemiştir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda değerler 27.14 mg/L – 62.64 mg/L arasındadır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan çinko (Zn) miktarına etkileri (mg/L)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	44.69	40.39	34.80	46.22	41.52AB*
R15/1	44.47	28.98	29.98	32.76	34.17 B
R38/1	30.72	28.52	36.61	39.49	33.84 C
R54/2	43.46	33.11	62.64	42.11	44.82 A
66/3	33.46	31.34	27.14	39.67	32.90 C
Ortalama	39.36 ^{bd}	40.53	38.23	40.06	

*: Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.2.8. Sürgün ve Kökte Bakır Miktarı

Tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgünündeki bakır (Cu) içeriğine etkisi istatistiksel olarak $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli bulunurken, PGPR uygulamalarının sürgündeki Cu içeriğine etkisi $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu ise istatistiki olarak önemli görülmemiştir. Uygulanan tuz dozu artışıyla birlikte bitkinin Cu içeriği de artış göstermiştir. Kontrol (T0) uygulamasındaki bitki sürgünleri 11.27 mg/L ortalama ile en düşük, 60 mM (T3) doz tuz uygulamasındaki bitki sürgünleri 16.34 mg/L ortalama ile en yüksek Cu içeriğine sahip olmuştur. PGPR uygulamaları ile yetiştirilen bitki sürgünlerinin Cu içeriği için en yüksek ortalama 17.29 mg/L ile R54/2 PGPR'si uygulanmış gruba aittir. En düşük Cu içeriği ise 9.25 mg/L ortalamayla R38/1 PGPR uygulamasındaki bitki sürgünlerinde ölçülmüştür. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri 8.32 mg/L- 25.78 mg/L arasında yer almaktadır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan bakır (Cu) miktarına etkileri(mg/L)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	15.17*	10.92	10.31	20.57	13.51 BC **
R15/1	8.32	10.47	17.26	15.23	13.03 BC
R38/1	9.77	8.48	9.30	9.21	9.25 C
R54/2	10.62	14.25	19.13	25.78	17.29 A
66/3	13.78	13.61	17.08	10.34	13.70 AB
Ortalama	11.27 AB*	11.86 A	14.08 A	16.34 B	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır

* : Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerinin köklerinde bulunan bakır ortalamaları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamalarının bitki köklerindeki Cu içeriğine etkisi istatistiki olarak ($P \leq 0,01$) önemli bulunmuştur. PGPR uygulamalarında 11.76 mg/L Cu ortalama ile en düşük değere kontrol grubunda bulunan bitki kökleri sahiptir. En yüksek Cu içeriği 19.75 mg/L ortalama ile R54/2 PGPR uygulamasında bulunan bitki köklerine aittir. Tuz uygulamalarında ise en yüksek Cu içeriği 17.84 mg/L ortalama ile T1 (20 mM) uygulamasında saptanmıştır. T0 ve T2 uygulamalarının Cu içerikleri 14.44 mg/L ortalama ile en düşük değere sahiptir. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki açıdan önemli görülmemiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan bakır (Cu) miktarına etkileri(mg/L)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	9.86 ^{öd}	9.77	13.70	12.42	11.76 B**
R15/1	17.21	19.13	16.87	12.09	16.47 A
R38/1	14.44	16.22	12.33	16.85	14.96 A
R54/2	15.05	26.22	16.03	20.45	19.75 A
66/3	14.12	14.50	13.81	12.90	13.77 B
Ortalama	14.44 ^{öd}	17.84	14.44	15.45	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

4.2.9. Sürgün ve Kökte Mangan Miktarı

Farklı dozlardaki tuz uygulamalarının Gina fasulye çeşidi bitkisinin sürgünlerinde ki mangan (Mn) içeriğine etkisi ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamalarının ise bitki sürgünlerinde Mn içeriğine etkisi istatistiksel olarak ($P \leq 0,01$) önemli bulunmuştur. 66/3 PGPR uygulamasının Mn içeriği kontrol uygulamasına kıyasla pozitif yönde artış göstermiştir. R15/1, R38/1 ve R54/2 uygulamaları ise kontrolden daha düşük Mn içeriğine sahiptir. En düşük Mn içeriği 69.08 mg/L ortalama ile R38/1 PGPR uygulamasındaki bitki sürgünlerine aittir. Tuz uygulamalarında en yüksek Mn ortalaması 77.60 mg/L ile T0 (Kontrol) grubundaki bitkilerde gözlenmiştir. Tuz dozu arttıkça sürgünlerde bulunan Mn miktarı azalmıştır. 60 mM doz tuz uygulamasına maruz kalan bitki sürgünleri en az (70.37 mg/L) mangan içeriğine sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksiyon değerleri 63.37 mg/L – 90.99 mg/L arasında yer almaktadır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin sürgünlerinde bulunan mangan (Mn) miktarına etkileri (mg/L)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	90.15 ^{öd}	80.03	76.52	76.68	80.33 A**
R15/1	74.31	69.21	77.11	63.37	71.36 B
R38/1	71.23	70.84	69.73	64.52	69.08 B
R54/2	77.45	71.19	74.70	65.24	72.15 A
66/3	79.04	84.84	79.51	90.99	83.59 A
Ortalama	77.60 ^{öd}	76.15	75.27	70.37	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

PGPR uygulamaları sonucu bitki köklerinin Mn içerikleri arasında çeşitli farklar olmasına rağmen bu durum istatistiki açıdan önemsiz görülmüştür. En yüksek (156.07 mg/L) Mn ortalaması kontrol uygulamasında, 130.70 mg/L ile en düşük Mn ortalaması R38/1 PGPR uygulamasında yetişen bitki köklerinde hesaplanmıştır. Farklı dozlarda tuz uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Tuz uygulamalarında yetişen bitki köklerinin Mn alımı en yüksek 20 mM (T1) doz tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerde gerçekleşmiştir. 138.76 mg/L

ortalama ile T3 (60 mM) uygulaması en düşük Mn içeriğine sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda değerler 114.15 mg/L – 169.93 mg/L arasındadır (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin köklerinde bulunan mangan (Mn) miktarına etkileri (mg/L)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	160.98 ^{öd}	169.93	156.83	138.20	156.07 ^{öd}
R15/1	143.83	152.97	160.55	123.55	147.19
R38/1	114.15	142.49	138.26	122.35	130.70
R54/2	160.77	126.93	150.88	158.03	149.15
66/3	157.30	134.09	128.65	146.58	141.66
Ortalama	148.92 ^{öd}	151.22	146.76	138.76	

öd: Önemli değil

4.3. Klorofil ve Karotenoid Miktarı

PGPR uygulamaları sonucu Gina fasulye bitkisinin klorofil-a miktarları kontrol grubu bitkilere kıyasla artış göstermiştir. Bu durum istatistiki olarak da önemli kabul edilmiştir. En fazla artış 66/3 PGPR uygulamasında yetişen bitkilerde gözlenmiştir. Kontrol grubu bitkilerin klorofil-a miktarları 11.90 µg/l ile en düşük ortalama sahipken, 15.06 µg/l ile en yüksek klorofil-a ortalamasına 66/3 PGPR uygulamasında yetişen bitkiler sahiptir. Farklı dozlarda tuz uygulamaları fasulye bitkisinin klorofil-a miktarını kontrol bitkilerine göre negatif yönde etkilemiştir. Ancak bunun sonucunda ortalamalar arasında oluşan farklar istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri 9.37 µg/l ile 16.74 µg/l arasında yer almıştır (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin klorofil-a miktarına etkileri (µg/l)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	15.47 ^{öd}	12.11	10.55	9.37	11.90 B**
R15/1	15.71	14.68	14.34	15.01	14.96 A
R38/1	16.74	13.23	13.91	15.89	14.94 A
R54/2	13.67	15.15	14.24	13.20	14.09 A
66/3	14.07	16.01	15.94	14.20	15.06 A
Ortalama	15.31 ^{öd}	14.20	13.85	13.83	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin klorofil-b düzeyleri istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte PGPR uygulamalarının bitkideki klorofil-b miktarlarına etkisi istatistiksel olarak ($P \leq 0,05$) önemli kabul edilmiştir. En yüksek klorofil-b miktarına 3.70 µg/l ortalamayla 66/3 PGPR uygulanan bitkilerde rastlanmaktadır. Kontrol grubunda yetişen bitkilerin klorofil-b içeriği 3.06 µg/l ortalamayla en düşük değere sahiptir. Tuz uygulamalarına maruz kalan bitkilerin klorofil-b düzeyi doz artışından olumsuz etkilenmiştir. Ayrıca, PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu 2.50 µg/l – 4.19 µg/l değerleri arasında yer almaktadır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin klorofil-b miktarına etkileri (µg/l)

PGPR	Tuz Uygulamaları				
Uygulamaları	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	Ortalama
Kontrol	3.78 ^{öd}	3.03	2.92	2.50	3.06 B*
R15/1	3.78	3.70	3.49	3.58	3.63 A
R38/1	4.07	3.26	3.31	3.82	3.62A
R54/2	3.39	3.61	3.35	3.27	3.41 AB
66/3	3.45	3.95	4.19	3.28	3.70 A
Ortalama	3.73 ^{öd}	3.50	3.44	3.35	

* : Aynı harfler arasında $P \leq 0,05$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

Farklı doz tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerinin toplam klorofil miktarları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek toplam klorofil miktarı 19.05 µg/l ortalama ile T0 (Kontrol) uygulamasındaki bitkilere aittir. Diğer tuz uygulamalarında toplam klorofil miktarları neredeyse eşit değerlerde ölçülmüştür. PGPR uygulamalarının bitkilerin toplam klorofil miktarına olan etkileri istatistiki olarak ($P \leq 0,01$) önemli görülmüştür. Toplam klorofil değeri PGPR uygulanan bitkilerde kontrol grubu bitkilere kıyasla daha çok artış göstermiştir. Uygulanan PGPR'lar arasında bitkide ölçülen toplam klorofil miktarı 18.76 µg/l ile en yüksek olan uygulama 66/3 PGPR uygulamasıdır. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz kabul edilmiştir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyon değerleri 11.87 µg/l – 20.81 µg/l arasında yer almaktadır (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin toplam klorofil miktarına etkileri (µg/l)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	19.25 ^{öd}	15.15	13.47	11.87	14.96 B**
R15/1	19.50	18.39	17.83	18.60	18.59 A
R38/1	20.81	16.50	17.21	19.71	18.56 A
R54/2	17.06	18.75	17.60	16.48	17.50 A
66/3	17.52	19.96	20.14	17.47	18.76 A
Ortalama	19.05 ^{öd}	17.70	17.30	17.18	

** : Aynı harfler arasında $P \leq 0,01$ seviyesinde önemli fark bulunmamaktadır öd: Önemli değil

Farklı dozlarda tuz uygulamasına maruz kalan Gina fasulye çeşidi bitkilerin sürgünlerinde bulunan karotenoid ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamaları ve PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonu da istatistiksel olarak önemsiz görülmüştür. Tuz uygulamalarında en yüksek karotenoid 2.94 µg/l ortalama ile T0 (Kontrol) uygulamasındaki bitkilerde ölçülmüştür. PGPR uygulamaları sonucu bitkilerdeki karotenoid miktarı kontrol grubu bitkilerinden daha yüksek ortalamalarda hesaplanmıştır. En yüksek (3.02 µg/l) karotenoid ortalamasına R15/1 PGPR uygulamasında yetiştirilen fasulye bitkileri sahiptir. PGPR x Tuz uygulamaları interaksyonunda değerler 2.14 µg/l – 3.25 µg/l arasındadır (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının Gina fasulye çeşidinin karotenoid miktarına etkileri (µg/l)

PGPR Uygulamaları	Tuz Uygulamaları				Ortalama
	T0 (Kontrol)	T1 (20 mM)	T2 (40 mM)	T3 (60 mM)	
Kontrol	3.03 ^{öd}	2.62	2.40	2.14	2.56 ^{öd}
R15/1	3.16	2.87	2.85	3.13	3.02
R38/1	3.13	2.75	2.84	3.25	3.00
R54/2	2.51	3.05	2.79	2.71	2.80
66/3	2.65	3.24	3.06	2.99	3.00
Ortalama	2.94 ^{öd}	2.91	2.80	2.87	

öd: Önemli değil

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek sıcaklık sonucu buharlaşma ve yanlış sulama gibi birçok sebepten dolayı toprak tuzluluğunda artış meydana gelmektedir. Toprakta oluşan tuz stresi bitkileri de olumsuz yönde etkilemektedir. Dünyada, oluşan bu tuzluluğun ve bitkiler üzerinde meydana getirdiği olumsuzlukları önlemek için uygulanan kimyasal yöntemlerin yanı sıra farklı uygulamalar gerekmektedir (Genişel, 2013). Abiyotik stres koşullarında bitki gelişimine ve verimine yardımcı bir çözüm olarak PGPR'ler (Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakteriler) da kullanılmaktadır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada Gina fasulye çeşidi bitkisine farklı dozlarda (0, 20, 40 ve 60 mM) tuz uygulanmasıyla birlikte PGPR uygulamasının bitkilere etkileri ve bunların sonucunda oluşan değişimler incelenmiştir. Tuzluluk ve PGPR uygulamalarının fasulye bitkisi üzerine etkileri ve meydana gelen değişimler aşağıda tartışılmıştır.

Öncelikle tuz stresi altında yetiştirilen Gina fasulye çeşidi bitkilerin fide gelişim parametrelerine bakıldığında genel olarak farklılıklar gözlenmiştir. Sürgün boyu, tuzluluk uygulamalarından olumsuz yönde etkilenmiştir. Kontrole kıyasla tuz uygulamalarında bitkilerin sürgün boyunda doz artışına bağlı olarak azalmalar gözlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da tuz stresinin bitkilerin fide gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Kuşvuran ve ark. (2014), turp bitkisinde yapmış oldukları çalışmada fide gelişiminin NaCl dozunun artışına bağlı olarak negatif yönde etkilendiğini belirlemişlerdir. Aynı şekilde bazı biber çeşitleri üzerinde yapılan çalışmada farklı tuz konsantrasyonlarının uygulanması sonucu bitki büyüme parametrelerinden biri olan sürgün boyunda kontrole kıyasla azalma olduğu sonucuna varılmıştır (Akay-Rastgeldi ve ark., 2014). Tuzluluk, biyolojik uygulama ve tuz stres seviyesine bakılmaksızın fasulye büyümesini de azaltmaktadır (Younesi ve Moradi, 2014).

Fide gelişim parametrelerinden bir diğeri olan sürgün çapında tuzluluk uygulamalarından etkilenilmesine rağmen bu durum istatistiki önem taşımamıştır. Bununla birlikte, PGPR uygulamaları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Kontrol gurubu bitkilerin sürgün çapı ortalaması 3.29 mm olarak ölçülmüştür. Bazı PGPR uygulamalarında (R15/1, R38/1 ve 66/3) bitki sürgün çapı ortalamaları kontrole kıyasla daha düşük sonuçlar verirken, R54/2 PGPR uygulanan bitkilerin sürgün çapı

ortalamaları 3.48 mm ile kontrolden daha iyi sonuç vermiştir. Ertürk ve ark. (2011), çay bitkisi üzerine yaptıkları çalışmada PGPR'lerin fidan gelişimine etkilerini incelemişlerdir. Ve bunun sonucunda PGPR'lerin çay gelişimine etkilerinin kullanılan bakteri ırkına ve gelişim parametrelerine göre değişim gösterdiğini, çoğu bakterinin gövde çapı gibi gelişim parametrelerini kontrole kıyasla arttırdığını belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada PGPR'lerin brokoli bitkisinin fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Farklı bakteri izolatları kullanılan çalışmada PGPR'lerin kontrol uygulamasına kıyasla gelişim parametrelerinden biri olan sürgün çapını % 42.56 arttırdığını belirlemişlerdir (Ekici ve ark., 2015). Çakmakçı (2009), stres koşullarında ACC Deaminaze üretici bakterilerin bitki gelişimine etkisine ilişkin yaptığı çalışmada, bu bakterinin özellikle farklı çevresel koşullarda etilen düzeyini azaltarak bitki büyüme ve gelişmesine yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Geri kalan fide gelişim parametrelerine bakılacak olursa, sürgün yaş ağırlığı tuzluluk uygulamalarından genel olarak olumsuz etkilenmiştir. Kök yaş ağırlığı ise tuzluluktan etkilenmiştir ancak bu durum istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Sürgün kuru ağırlığı ise uygulanan tuz stresine bağlı olarak kontrole kıyasla artış göstermiştir. Fasulye bitkisinin kök kuru ağırlığı ortalamaları ise kontrole kıyasla farklılıklar göstermiştir, ancak bu durum istatistiki anlamda önemli görülmemiştir. Yapılan bir çalışmada tuz stresinin bazı fasulye kültür çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiş ve sonuç olarak tüm fasulye kültür çeşitlerinde yaprak yaş ağırlıklarının azaldığı, kuru ağırlıkların ise arttığı belirtilmiştir (Eroğlu, 2007). Younesi ve Moradi (2014), fasulyede yaptıkları bir çalışmada PGPR (*P. fluorescence*) ile inoküle edilen fasulye bitkilerinin, tüm tuzluluk seviyelerinde kontrol bitkilerinden önemli ölçüde daha fazla biokütleyle sahip olduğunu belirtmektedir. Başka bir çalışmada tuz stresi altında yetişen domates bitkisine ACC deaminaze üretici *Achromobacter piechaudii* uygulanmasının domates bitkisinde yaş ve kuru ağırlığı artışını sağladığı belirlenmiştir (Mayak ve ark., 2004).

Fasulye bitkisinin sürgün ve köklerdeki besin elementi içerikleri incelendiğinde öncelikle fosfor miktarı tuz doz artışıyla artmıştır. PGPR uygulamalarının ise sürgün ve köklerdeki fosfor içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. Tuzluluk uygulamaları sonucu bitki sürgünlerinin potasyum alımı kontrole çok farklı sonuçlar vermemiştir. PGPR uygulamaları ise sürgünlerdeki potasyum içeriğini olumsuz

etkilemiştir. Kontrol grubu bitkilerin K ortalaması % 4.12 ile en yüksek değere sahipken, PGPR'lerin ise ortalamaları kontrolden daha düşük sonuçlar vermiştir. Köklerdeki potasyum alımı üzerine tuz uygulamalarının etkisi önemli bulunurken, PGPR uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. Köklerdeki K miktarı kontrol bitkileriyle kıyaslandığında tuz uygulamalarından olumsuz etkilenmiştir. Younesi ve Moradi (2014), fasulyede yaptıkları bir çalışmada PGPR (*P. fluorescence*) ile inoküle edilen fasulye bitkilerin sürgünlerinin yüksek tuz koşullarında daha yüksek konsantrasyonlarda sürgün K^+ konsantrasyonu içermesine rağmen daha düşük Na^+ konsantrasyonu içerdiğini belirtmektedir.

Farklı dozlardaki tuz uygulamaları sonucu sürgünlerdeki Ca içeriği kontrole kıyasla azalmış ve tuzluluk kalsiyum alımını olumsuz etkilemiştir. PGPR uygulamaları sonucu sürgünlerdeki % Ca ortalaması kontrolle kıyaslandığında daha düşük sonuçlar vermiştir. En yüksek kalsiyum ortalamasına % 2.71 ile kontrol grubu bitkileri sahipken, en düşük Ca içeriğine R54/2 PGPR uygulamasındaki bitki sürgünlerinde karşılaşmıştır. Tuz ve PGPR uygulamaları arasında oluşan interaksiyon sonucu en yüksek Ca ortalaması % 3.93 ile kontrol grubundaki T0 (Kontrol) tuz uygulamasındaki bitkilerde elde edilmiştir. Köklerdeki kalsiyum alımı üzerine tuzluluk ve PGPR uygulamalarının etkisi önemli görülmemiştir. Yapılan bir çalışmada bakteri uygulamalarının domates ve hıyarda etkileri incelenmiştir; Çalışmada *Bacillus megaterium*-M3, *Agrobacterium rubi*-RK-34, *Bacillus subtilis*-TV-17C ve *Pseudomonas putida*-RK-142 olmak üzere toplam dört bakteri izolatu kullanılmıştır; Bakterilerin genellikle fidelerin mineral madde içeriğini arttırdığı ve en yüksek sonuçların *Pseudomonas putida*-RK-142 ve *Bacillus subtilis*-TV-17C uygulamalarında ölçüldüğü belirtilmiştir (Ekinci ve ark., 2014).

Sürgünlerdeki magnezyum alımı tuz doz artışıyla azalma göstermiştir. En yüksek Mg içeriği kontrol grubu bitkilerinde tespit edilmiştir. Tuz uygulamaları Mg alımını olumsuz yönde etkilemiştir. PGPR uygulamaları, kontrol bitkileriyle benzer sonuçlar vermiştir. Köklerde de tuzluluk sonucu Mg alımı negatif yönde etkilenmiştir. Doz artışıyla % Mg içeriği kontrol bitkilerine kıyasla azalmıştır. PGPR uygulamaları ise Mg alımı üzerine farklı etkilerde bulunmuştur. R/151 PGPR uygulanan bitki kökleri % 0.85 magnezyum ortalamasıyla en yüksek değere sahip olurken, % 0.54 ortalamaıyla R54/2 bakteri grubundaki bitkiler en düşük Mg ortalamasına sahip olmuştur. R54/2

PGPR uygulamasındaki bitki köklerindeki Mg alımı kontrole kıyaslandığında olumsuz etkilenmiş, fakat R15/1, R38/1 ve 66/3 bakteri izolatları ise köklerin Mg içeriğini arttırmıştır.

Fasulye bitki sürgünlerinin sodyum içerikleri tuz dozu artışıyla birlikte kontrole kıyasla artış göstermiştir. PGPR uygulamalarının Na alımı üzerine etkisi önemli görülmemiştir. Köklerin Na içeriği ise tuz uygulamaları ile artmıştır. Tuz dozu artışıyla birlikte Na alımı da kontrole kıyasla artış göstermiştir. Sürgünlerde olduğu gibi köklerde de Na miktarına PGPR etkisi önemsiz bulunmuştur. Akay-Rastgeldi ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada biberde farklı tuz dozlarında bitki büyüme parametrelerinin yanında Na, K, Ca, Mg içeriğinin de inceledikleridir. Tuz dozu artışıyla Na arttığını, K ve Ca içeriklerinin azaldığını; Mg alımında ise önemli bir farklılık gözlenmediğini belirtmişlerdir.

Tuzluluk ve PGPR uygulamalarının Gina fasulye bitkisinin sürgünlerindeki demir alımı üzerine etkisi ise önemli görülmemiştir. Sürgünlerdeki tuz uygulamalarından % Fe miktarı oranı farklı sonuçlar vermiştir. Bitki köklerinde bulunan Fe içeriğine bakılacak olursa, tuzluluk sonucu Fe miktarında ki değişimler önemli bulunmamıştır. Köklerdeki Fe içeriği PGPR uygulamaları sonucu kendi aralarında farklılıklar göstermiştir, fakat istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Sürgünlerdeki çinko alımına tuz uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamaları kontrol grubu bitkilerine göre Zn alımını olumlu etkilemiştir. Uygulanan bütün PGPR grupları % Zn ortalamasını arttırmıştır, ancak bu durum istatistiki açıdan önemli görülmemiştir. Tuzluluğun köklerde bulunan Zn miktarına etkisi sürgünlerde olduğu gibi önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamalarında ise köklerde bulunan Zn alımı farklılıklar göstermiştir. 66/3 bakteri uygulanan bitki köklerinde Zn miktarı kontrol bitkilerinden daha yüksek bulunmuştur. R15/1, R38/1 ve 66/3 bakteri uygulamaları ise köklerdeki Zn alımını kontrole kıyasla olumsuz etkilemiştir. Yılmaz (2017), tuz stresine maruz bırakılan domates bitkisinde yaptığı çalışmada PGPR uygulanması ile sodyum miktarının azaldığı, potasyum, fosfor, bakır, çinko gibi besin elementlerinin de arttığını belirtmiş ve PGPR uygulamalarının tuzlu ortamda yetişen domateslerde fide gelişiminin yanında besin elementi içeriğini de olumlu etkileyerek bitki gelişiminde kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Sürgünlerdeki bakır alımı tuz uygulamalarından olumsuz etkilenmemiştir. Tuz doz artışıyla Cu miktarı da artmıştır. PGPR uygulamalarının ise sürgün Cu içeriği üzerine etkisi farklılıklar göstermiştir. R54/2 bakteri grubu bitki sürgünleri 17.29 mg/L ortalamaıyla en yüksek Cu miktarına sahipken, 9.25 mg/L ile en düşük Cu miktarı R38/1 bakterisi uygulanan bitki sürgünlerinde tespit edilmiştir. Kontrol bitkileriyle kıyaslandığında Cu alımını R54/2 bakterisi olumlu etkilerken, R38/1 bakterisi Cu içeriğini negatif yönde etkilemiştir. Diğer bakteri grupları kontrolle benzer sonuçlar vermiştir. Köklerde bulunan Cu miktarına tuz uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak PGPR uygulamaları köklerin Cu içeriğini kontrole kıyasla arttırmıştır. En fazla artışı sağlayan bakteri grubu sürgünlerde olduğu gibi R54/2 bakterisi olmuştur. Yapılan bir çalışmada azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin Muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda PGPR'ın çay gelişimini teşvik ettiği, yaprak makro ve mikro besin elementi içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca bakterilerin kimyasal gübre gereksinimini azalttığı için biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu kanısına varılmıştır (Çakmakçı ve ark., 2012).

Bitki besin elementlerinden son olarak mangan alımına tuzluluk ve PGPR uygulamalarının etkisine bakılacak olursa, bitki sürgünlerinde Mn içeriği tuz uygulamalarında istatistiksel olarak önemsiz düşüşler göstermiştir. PGPR uygulamalarının sürgün Mn miktarına etkisi farklı sonuçlar vermiştir. 66/3 bakteri grubu bitkilerinde Mn içeriği kontrolden daha yüksek sonuçlar verirken, diğer bakteriler ise sürgünde bulunan Mn içeriğini olumlu miktarda arttırmamıştır. Köklerde bulunan Mn miktarına tuz ve PGPR uygulamalarının etkisi önemli görülmemiştir. Ekici ve ark. (2015), PGPR'ların brokoli bitkisinin fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkilerini incelemek için yaptıkları çalışmada PGPR'ların Na dışındaki besin içeriklerini arttırdığı sonucuna varmışlardır. PGPR uygulamalarının brokoli fidelerinde aminoasit, mineral madde, organik asit ve hormon içeriklerini etkilemesi sonucu fide gelişimi ve kalitesini olumlu etkilediği de belirtilmiştir.

Farklı tuz dozları ve farklı PGPR uygulamalarının fasulye bitkisinin klorofil içeriği üzerine etkisine bakıldığında, klorofil-a miktarının tuz uygulamalarında kontrol bitkilerine göre istatistiksel olarak önemsiz düştüğü gözlenmiştir. PGPR uygulamaları ise klorofil-a içeriğini olumlu etkilemiştir. En düşük klorofil-a miktarı kontrol

bitkilerinde hesaplanmıştır. Uygulanan PGPR'lar klorofil-a miktarında artış sağlamıştır. Klorofil-b ve toplam klorofil miktarında da aynı sonuçlar görülmektedir. Tuz uygulamalarından olumsuz etkilenirken PGPR uygulamaları klorofil düzeylerine olumlu etkide bulunmuştur. Karotenoid miktarına tuz uygulamalarının etkisi önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamaları kontrole göre karotenoid miktarında artış sağlamış olsa da bu durum istatistiksel olarak önemli görülmemiştir. Yapılan bir çalışmada su stresinde fesleğen bitkisine PGPR uygulaması sonucu tüm bakteri ırklarının stres altında yetişen fesleğen bitkisinin klorofil içeriğini arttırdığı belirtilmiştir (Heidari ve ark., 2011).

Çalışmış olduğumuz Gina fasulye çeşidine farklı dozlarda (0, 20, 40 ve 60 mM) tuz uygulamaları ile PGPR uygulamalarının sonucunda fasulye bitkisinin gelişimini tuzluluk uygulamalarının genel olarak olumsuz etkilediği, PGPR uygulamalarının ise gelişim parametrelerine ve bakteri ırkına göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Fide gelişim parametrelerinden sürgün çapında R54/2 bakteri ırkının diğer bakteri ırklarından ve kontrolden daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Makro ve mikro besin elementlerinin alımını tuzluluk uygulamaları genel olarak olumsuz etkilerken PGPR'ların besin elementine göre kendi içlerinde farklı sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır. Özellikle bitkideki Mg alımına R15/1 bakteri ırkı, Zn ve Cu alımına R54/2 bakterisinin, Mn içeriğine ise 66/3 bakterisinin önemli düzeyde olumlu etki ettiği belirlenmiştir. Klorofil miktarında ise PGPR uygulamalarının sonucunda artış olduğu sonucuna varılmıştır.

Fasulye bitkisi de birçok bitki gibi biyotik ve abiyotik stres koşullarından olumsuz etkilenmektedir. Bu anlamda çeşitli çözümler ve uygulamalar ile bu sorunların önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Son zamanlarda biyotik stres koşullarının yanında abiyotik stres koşullarından da bitkinin en az düzeyde etkilenmesi için PGPR'lar kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede bitkilere uygulanacak kimyasal yöntemlerinde önüne geçilmektedir. Bitkiye sağlayacağı faydanın yanında çevreye de zarar vermeyecek bir uygulama olması açısından kullanılması en uygun çözümdür. Bu yüzden gelecek dönemlerde daha etkin bir şekilde kullanılmaları olası bir durumdur.

KAYNAKLAR

- Akay-Rastgeldi, Z.H., Pakyürek, A.Y., Söylemez, S., 2014. Biberde farklı tuz konsantrasyonlarının bazı bitki büyüme parametreleri ile Na, K, Ca, Mg içeriği üzerine etkisi. **10. Sebze Tarımı Sempozyumu**. 2-4 Eylül 2014, Tekirdağ
- Akköprü, 2012. **Hıyar Bakteriyel Köşeli Yaprak Leke Hastalığının (*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*) Bazı Kök Bakterileriyle Biyolojik Savaşımı Üzerinde Araştırmalar** (doktora tezi, basılmamış). A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akkurt, M., 2010. **Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinde Bakteri Aşılamanın Azot Fiksasyonuna ve Bitkinin Kök ve Toprak Üstü Organlarına Etkisi** (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Altın, B., Bora, T., 2005. Bitki gelişimini uyaran kök bakterilerinin genel özellikleri ve etkileri. **Anadolu, J. of AARI**, 15 (2): 87 – 103.
- Anonim, 2007 <http://www.gencziraat.com/Tarla-Bitkileri/Fasulye-Yetistirciligi/5.html>. (Erişim Tarihi: 06.02.2015)
- Anonim, 2008a <http://www.gencziraat.com/Bahce-Bitkileri/Taze-Fasulye-Yetistirciligi-10.html>. (Erişim tarihi: 15.03.2015)
- Anonim, 2008b. http://hboqm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/fasulye_yetistirciligi.pdf. (Erişim Tarihi: 10.02.2015)
- Anonim, 2014. <http://www.apelasyon.com/Yazi/79-bitki-gelisimini-arttiran-kok-bakterileri>. (Erişim Tarihi: 14.02.2015)
- Aydın, A., Yıldırım, E., Karaman, M.R., Turan, M., Demirtaş, A., Şahin, F., Güneş, A., Esringü, A., Dizman, M., Tutar, A., 2012. Humik asit, PGPR ve kimyasalgübre uygulamalarının brokoli (*Brassica oleracea*) bitkisinin bazı verim parametreleri üzerine etkisi. **Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi**, 1: 309-316.
- Aydın, İ., Atıcı, Ö., 2015. Tuz stresinin bazı kültür bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. **Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 3(2).
- Bayrak, D., Ökmen, G., 2014. Bitki gelişimini uyaran kök bakterileri. **Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi**, 5 (1): 1-13
- Bozkurt, İ.A., 2009. **Fasulye Bakteriyel Yanıklık Hastalığına (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) Karşı Antagonist Bakterilerle Mücadele Olanakları** (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bozkurt, İ.A., Doksöz, S.F., Soylu, S., 2016. Bitki gelişimini teşvik eden kökbakterilerin (PGPR) maydanoz (*Petroselinum crispum* L.) tohumlarının çimlenmesi ve sürgün gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi. **Uluslar Arası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi**. 5-8 Eylül 2016, Konya. 149.
- Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 36(1): 97-107.
- Çakmakçı, R., 2009. Stres koşullarında ACC Deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 40 (1): 109-125.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Dönmez, M.F., Erat, M., Kutlu, M., Sekban, R., Haznedar, A., 2012. Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisi. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, 5 (2): 176-181.

- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2).
- Das, A. J., Kumar, M., Kumar, R., 2013. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): An Alternative of Chemical Fertilizer for Sustainable, Environment Friendly Agriculture. *Res J AgricForesSci*, (1): 21-3.
- Doğan, N., 2006. *Su Stresi Altındaki Fasulye (Phaseolus vulgaris) Bitkisinin İyon Alım Mekanizmasının Araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dölarslan, M., Gül, E., 2012. Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (2): 56-59.
- Düzgüneş, A., Kesici O.T., Kavuncu O., Gürbüz F., 1987. *Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları-II)*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1021, Ankara, 381 s.
- Ekinci, M., Yıldırım, E., Dursun, A., Kotan, R., Turan, M., 2014. Bakteri uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum* L.) ve hıyarda (*Cucumis sativus* L.) fide gelişimi ve kalitesi üzerine etkileri. *10. Sebze Tarımı Sempozyumu*. 2-4 Eylül 2014, Tekirdağ. 67.
- Ekinci, M., Yıldırım, E., Kotan, R., 2015. Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokkoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2).
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (3):118-125.
- Erdoğan, Ç., Sönmez, F., Ekinci, A., Şensoy, S., 2014. Potasyum uygulamalarının tuz stresi altındaki fasulye genotip ve çeşitlerinde fide gelişimi ve besin maddesi içeriğine etkisi. *10. Sebze Tarımı Sempozyumu*. 2-4 Eylül 2014, Tekirdağ. 118.
- Eroğlu, İ., 2007. *Tuz Stresinin Fasulye (Phaseolus vulgaris) Kültür Çeşitlerinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ertürk, Y., Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Sekban, R., Haznedar, A., 2011. Doğu Karadeniz Bölgesi asidik çay topraklarından izole edilmiş bazı bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerin (PGPR) çay bitkisinin fidan gelişimi aşamasında kullanım olanaklarının araştırılması. *Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*. 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa. 202-208.
- FAO, 2014. Statistic database. <http://faostat.fao.org/>. (Erişim tarihi: 24.03.2017)
- Genişel, M., 2010. *Kemik Tozu Solüsyonu, CaCl₂ ve IAA Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Fasulye (Phaseolus vulgaris) Bitkisinin Fizyolojik Parametreleri Üzerine Etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Genişel, M., Dumlupınar, R., 2013. Determination of protective role of bone powdersolution in bean seedlings exposed to NaCl toxicity. *Adyütayam*, 1(1), 1-10.
- Güllüce, M., Agar, G., Şahin, F., Turan, M., Güneş, A., Demirtaş, A., Esringü, A., Karaman, M.R., Tutar, A., Dizman, M., 2012. Pb ve Cd ile kirletilmiş alanlarda yetiştirilen turp bitkisinin verim parametreleri üzerine humik asit ve PGPR uygulamalarının etkilerinin belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, (1):509-517.

- Güneş, A., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F., Karaman, M.R., 2013. Farklı bakteri uygulamalarının kaya fosfatının çözünürlüğü üzerine etkisi. **Soil-WaterJournal Toprak Su Dergisi**, 2 (1): 53-61.
- Heidari, M., Mousavinik, S. M., Golpayegani, A., 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Effect on Physiological Parameters and Mineral Uptake in Basil (*Ocimum basilicum* L.) under Water Stress. **ARNP J Agric Biol Sci**, 6(5), 6-11.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, B. E., Taş, M. N., Yakışır, E., Okur, O., 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. **Eletronik Mikrobiyoloji Dergisi**, 12(2), 1-19
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri., **Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900 Uygulama Kılavuzları: Nobel Yayın No:1241. 214.S.
- Kaymak, H. Ç., Güvenç, I., Yarali, F., Dönmez, M. F., 2009. The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, 33(2), 173-179.
- Kaymak, H. Ç., Dönmez, M.F., Ulaş, E., Ürüşan, A.H., 2014. Bitki gelişimini uyaran rhizosfer bakterileri ile yapılan yaprak uygulamalarının kırmızı pancar (*Beta vulgaris* subsp. *Vulgaris* L.)’da verim ve gelişme üzerine etkisi. **10. Sebze Tarımı Sempozyumu**. 2-4 Eylül2014, Tekirdağ. 72.
- Kıpçak, S., Erdinç, Ç., 2016. Van Gölü Havzası’nda yetiştirilen bazı fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) genotiplerinin tuza tolerans seviyelerinin belirlenmesi. **Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 26(3), 421-429.
- Koç, S., 2005. **Fasulyelerde Tuzluluğa Tolerans Bakımından Genotipsel Farklılıkların Erken Bitki Gelişimi Aşamasında Belirlenmesi** (Yüksek Lisans tezi). Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enst.,Adana.
- Kumar, G. P., Mir Hassan Ahmed, S. K., Desai, S., Leo Daniel Amalraj, E., 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.
- Kuşvuran, Ş., Bilgici, M., Gül, A., Ellialtıoğlu, Ş., 2014. Turpta çimlenme ve genç bitki döneminde tuz stresinin etkileri. **10. Sebze Tarımı Sempozyumu**. 2-4 Eylül2014, Tekirdağ. 99.
- Lichtenthaler, H. K., Wellburn, A. R., 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B. R., 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. **Plant Science**, 166(2), 525-530.
- Öğüt, M., 2001. **Azospirillum brasilense ve Bazı Rhizobium Suşlarının Türkiye’de Yetiştirilen Yaygın Fasulye (Phaseolus vulgaris) Çeşitlerinde Nodulasyona ve Bitki Büyümesine Etkisi** (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Özpay, T., 2008. **Taze Fasulye (Phaseolus vulgaris) Genotiplerinin Kuraklık Stresine Olan Tepkilerinin Belirlenmesi** (Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Seymen, B., Önder, M., 2015. Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde tuzluluğun fide gelişimi üzerine etkisi. **Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi**, 2 (2), 109-115.

- Şalk, A., Arın, L., Deveci, M., Polat, S., 2008. **Özel Sebzeçilik**, Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ. 488.
- Tuzlacı, H. İ., Ertürk, Y., 2011. Bitki büyümesini teşvik edici bazı rizobakterilerin (PGPR) bahçe bitkilerinde kullanım olanakları, etki mekanizmaları ve ilgili çalışmalar. **Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi**. 4-8 Ekim 2011, Şanlıurfa. 701-707.
- TÜİK, 2016. Türkiye istatistik kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim tarihi: 24.03.2017)
- Yang, J., Kloepper, J. W., Ryu, C. M., 2009. Rhizosphere Bacteria Help Plants Tolerate Abiotic Stress. **Trends in Plant Science**, 14(1).
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. **C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 7 (1): 47-66.
- Yılmaz, Y., 2017. **Bitki Gelişimini Teşvik Eden Kök Bakterilerinin (PGPR) Bazı Standart ve Hibrit Domates (Solanum lycopersicum L.) Çeşitlerinde Tuz Stresindeki Etkilerinin Araştırılması** (Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Younesi, O., 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.

ÖZ GEÇMİŞ

1990 yılında Mardin'in Nusaybin ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini Nusaybin'de tamamladı. Liseyi Batman'da okudu. 2008 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği'nde lisans eğitimine başladı. 2012 yılında mezun oldu. 2014 yılında YYÜ Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.

