

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUZCUL *SALSOLA GRANDIS* BİTKİSİ RİZOSFER KOŞULLARINDAN
BİTKİ GELİŞİMİNİ DESTEKLEYEN RİZOBAKTERİ İZOLASYONU VE
BİYOGÜBRE OLARAK KULLANIM POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Duygu BOZDOĞAN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Duygu BOZDOĞAN tarafından hazırlanan “**Tuzcul *Salsola Grandis* Bitkisi Rizosfer Koşullarından Bitki Gelişimini Destekleyen Rizobakteri İzolasyonu Ve Biyogübre Olarak Kullanım Potansiyelinin Araştırılması** ” adlı tez çalışması 15/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

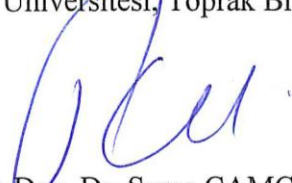


Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Oğuzcan TURGAY,
Ankara Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Ayten NAMLI,
Ankara Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Sema CAMCI ÇETİN
Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekolojisi Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15.02.2019



Duygu BOZDOĞAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TUZCUL SALSOLA GRANDİS BİTKİSİ RİZOSFER KOŞULLARINDAN BİTKİ GELİŞİMİNİ DESTEKLEYEN RİZOBAKTERİ İZOLASYONU VE BİYOGÜBRE OLARAK KULLANIM POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Duygu BOZDOĞAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

Toprak tuzluluğu, dünya tarımını etkileyen önemli bir sorundur ve önümüzdeki yıllarda daha da büyük bir sorun haline gelmesi öngörülmektedir. Topraklarda tuzluluk, tarım için kullanılabilecek alanı her yıl % 1-2 azaltmaktadır. Tuzluluk problemi topraklarda doğal yollarla oluşabileceği gibi, aşırı sulama suyu kullanımı ile taban suyunun yükselmesi, ve toprağa yüksek oranda gübre verilmesi sonucunda insan kaynaklı olarak da oluşabilir. Toprak tuzluluğu, kök bölgesindeki yüksek çözünür tuz konsantrasyonu sonucunda oluşan yüksek ozmotik basınçtan dolayı temel besin iyonlarının dengeli emilimi ve suyun bitki kökleri tarafından alınımı kısıtlanarak bitkinin büyümesini engeller. Etkili, düşük maliyetli, kolay adapte edilebilir yöntemler geliştiren sürdürülebilir yönetim uygulamalarına dayanan, tuzdan bozulmuş alanların bitki üretimi için başarıyla iyileştirilmesi bir zorunluluktur. Son zamanlarda, yararlı mikroorganizmaların kullanılarak çevre dostu ve sürdürülebilir tarıma büyük ilgi duyulmaktadır. Nitekim yapılan bilimsel araştırmaların da gösterdiği üzere bitkilerin yerel çevrelerine adaptasyonu, yakından ilişkili mikroorganizmalara bağlıdır. Bu mikroorganizmalar bitki gelişimini destekleyen rizobakteriler(Plant Growth Promoting Rhizobacteria(PGPR)) olarak literatürde yer alıp doğal ortamlarından izole edilerek bitki gelişimine katkı potansiyelleri, laboratuvar koşullarında test edilip, çoğaltılıp tohum, kök veya doğrudan toprağa uygulanabilmektedir. Kısaca “Biyogübre” olarak ifade edilen bu biyolojik materyal son yıllarda tarımsal bir girdi olarak önem kazanmıştır. Bu çalışmada Ankara, Nallıhan Bölgesine özgü endemik bir halofit (tuzcul) olan *Salsola grandis* bitkisini rizosfer bölgesinden toplanan toprak örneklerinden izole edilen bakteri izolatları bazı PGPR testlerine tabi tutulup PGPR yeteneği gösteren izolatların deneysel sera koşullarında mısır bitkisinin gelişimi ve bitki besin maddesi içeriği üzerindeki etkieri irdelenmiştir. Çalışmanın amacı stres koşullarında (kurak ve tuzlu) sorunsuz olarak yaşayan *S. grandis* bitkisinin kök bölgesinde yaşayan toprak bakterilerinin PGPR potansiyelini araştırmak ve tarımda kullanılabilirliğini test etmektir.

Şubat 2019, 54 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tuzlu ve kurak topraklar, *Salsola grandis*, rizosfer, bitki gelişimini destekleyen bakteriler, biyogübre

ABSTRACT

Master Thesis

ISOLATION OF PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA FROM HALOPHYTIC *SALSOLA GRANDIS* AND EXPERIMENTATION THEIR POTENTIAL USE AS A BIOFERTILIZER

Duygu BOZDOĞAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

Soil salinity is an important problem affecting world agriculture and is expected to become a bigger problem in the coming years. Salinity in soils reduces the area that can be used for agriculture by 1-2% every year. The salinity problem may occur naturally in soils as well as in the case of man-made as a result of the use of excessive irrigation water, the rise of ground water, and high fertilizer. Soil salinity prevents the growth of the plant by limiting the absorption of basic nutrient ions due to the high osmotic pressure resulting from the high soluble salt concentration in the root zone and limiting the intake of water by the plant roots. Successful improvement of salt-degraded areas for plant production is a necessity, based on sustainable management practices that develop effective, low-cost, easily adaptable methods. Recently, the use of beneficial microorganisms has shown great interest in environmentally friendly and sustainable agriculture. As a result of the scientific researches shown, adaptation of plants to their local environment depends on closely related microorganisms. These microorganisms are isolated from their natural environment as rhizobacteria (Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)) which support plant growth and their potential to contribute to plant growth can be tested and reproduced in laboratory conditions and applied to seed, root or soil directly. In short, this biological material, referred to as *kazan Biogas girdi*, has gained importance as an agricultural input in recent years. In this study, the bacterial isolates isolated from soil samples collected from the rhizosphere region of *Salsola grandis* plant, which is an endemic halophyte (salt) specific to Nallıhan region of Ankara, were subjected to some PGPR tests and the effect of isolates showing PGPR ability on the development of corn plant in the experimental greenhouse conditions and the effects on plant nutrient content were examined. The aim of this study was to investigate the potential of soil bacteria living in the root area of *S. grandis* plant living in stress conditions (dry and salty) and to test its usability in agriculture.

February 2019, 54 pages

Key Words: Salty and dry soils, *Salsola grandis*, rhizosphere, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), biofertilizer

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca beni yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyerek bana destek olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY'a (Ankara Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı) ve ayrıca bilgi, öneri ve tecrübeleriyle çalışmalarına katkıda bulunan ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Araş. Gör. Onur AKÇA, Araş. Gör. Mehmet Burak TAŞKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmamın mikrobiyolojik araştırmalar kısmında bana temel yöntemleri öğreten ve uygulama kısmında hiçbir şeyi esirgemeyerek laboratuvarını açan Prof. Dr. Arzu ÇÖLERİ CİHAN'a (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) ve Araş. Gör. Başar KARACA'ya (Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar olan öğrenim hayatım boyunca bana maddi ve manevi her türlü desteği veren aileme destekleri ve sabırları için sonsuz minnettarlıklarımı sunarım.

Duygu BOZDOĞAN
Ankara, Şubat 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİN	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1 PGPR İle İlgili Yapılan Çalışmalar	8
2.2 Tuzlu-Alkali Kurak Toprak Koşullarında Halofitik Bitki Rizosferinden PGPR İzolasyonu ile İlgili Çalışmalar	9
2.3 Mısır Ve PGPR İle İlgili Çalışmalar.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1 Bakteri İzolasyonunda Kullanılan Bitki	13
3.2 PGPR İzolasyonu için Gerekli Olan Rizosfer Toprağının Temini	13
3.3 Koca Soda (<i>Salsola grandis</i>) Bitkisinin Köklerinden Rizobakteri İzolasyonu.....	14
3.4 PGPR Testleri.....	15
3.4.1 İzolatların azot fiksasyon potansiyelinin belirlenmesi.....	15
3.4.2 İzolatların fosfor çözme potansiyelinin belirlenmesi	16
3.4.3 İzolatların Indol-3-asetik asit (IAA) sentezi potansiyelinin belirlenmesi.....	17
3.4.4 İzolatların siderofor sentezi potansiyelinin belirlenmesi.....	18
3.5 Sera Denemesi Toprağın Temini	18
3.5.1 Mısır saksı denemesi	19
3.6 Sera Denemesinde Yapılan Bitki Analizleri	24
3.6.2 Analizler için bitki eksrakı hazırlama	24
3.6.3 Bitkide P analizi	25
3.5.4 Bitkide N analizi.....	25
3.7 Bitki Verilerinin İstatistiksel Analizleri.....	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	26
4.1 Sera Denemesinde Kullanılan PGPR İzolatlarının Seçimi.....	26

4.2 Farklı PGPR-Kimyasal Gübre Kombine Uygulamalarının Bitki Besin Maddesi İçeriği Ve Gelişimine Etkisi	27
4.2.1 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin ağırlığı üzerine etkisi.....	27
4.2.2 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin uzunluğu üzerine etkisi.....	30
4.2.3 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin toplam azot içeriği üzerine etkisi.....	32
4.2.4 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor(p) içeriği üzerine etkisi.....	36
4.2.5 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin mikro element demir (fe) içeriğine etkisi	39
4.2.6 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin mangan(mn) içeriği üzerine etkisi.....	41
4.2.7 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin çinko(zn) içeriği üzerine etkisi.....	43
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	47
EK 1 Varyans Analiz Tabloları	52
ÖZGEÇMİŞ.....	54

SİMGELER DİZİNİ

KH ₂ PO ₄	Mono Potasyum Fosfat
NH ₄ .NO ₃	Amonyum Nitrat

Kısaltmalar

EC	Elektriksel İletkenlik
PGPR	Plant Growth Promoting Rhizobacteria
CAS	Chrome Azurol S
CFU	Colony Forming Units
Ph	Toprak Reaksiyonu
NB	Nutrient Broth
İAA	İndol Asetik Asit
B0	Kontrol Grubu Bakteri
B1	İAA Sentezleyen Bakteri
B2	Azot Fiksasyonu Yapan Bakteri
B3	Fosfor Çözebilen Bakteri
B4	3 Bakterinin Kombine Uygulaması
PİPES	Piperazine-1,4-bis(2-ethanesulfonic acid)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Koca Soda (<i>Salsola grandis</i>) Bitkisi.....	13
Şekil 3.2 Bitkinin rizosfer bölgesinden toprak örneği almak.....	14
Şekil 3.3 Karışık kültürden saf kültür elde edilmesi.....	15
Şekil 3.4 P analizi sonucu pozitif sonuç gösteren bakteriler.....	17
Şekil 3.5 İAA analizi sonucu	17
Şekil 3.6 Siderafor analizi ile pozitif sonuç gösteren bakteriler	18
Şekil 3.7 Deneme için hazırlanan saksılar	19
Şekil 3.8 3. Gün çimlenen mısır tohumları	21
Şekil 3.9 5. gün mısır bitkisi	21
Şekil 3.10 7. Gün mısır bitkisi	22
Şekil 3.11 10. Gün mısır bitkisi	22
Şekil 3.12 Bitkilere verilmek üzere hazırlanan bakteri solüsyonu.....	22
Şekil 3.13 30. Gün mısır bitkisi	23
Şekil 3.14 30. Gün farklı bakteri uygulamalarının % 0 gübre dozunda gelişimleri.....	23
Şekil 3.15 60. günlük mısır bitkisi	23
Şekil 3.16. Bitki, ölçümü ve hasat	24
Şekil 4.1 PGPR analizleri sonucunda sera denemesinde kullanılmasına karar verilen 3 bakteri	26
Şekil 4.2 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki ağırlığı üzerine etkisi ($p < 0,05$).....	29
Şekil 4.3 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki uzunluğuna etkisi ($p < 0,05$).....	31
Şekil 4.4 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki N içeriğine etkisi ($p < 0,05$)	35
Şekil 4.5 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki P içeriğine etkisi ($p < 0,05$).....	38
Şekil 4.6 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki Fe içeriğine etkisi ($p < 0,05$).....	40
Şekil 4.7 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki Mn içeriğine etkisi	42
Şekil 4.8 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki çinko içeriğine etkisi.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Toprak Tuz Düzeylerine Göre (1:1 soil:water; toprak:saf su karışımı) Bitkilerin Duyarlılıkları. (Anonymous, 1999).....	3
Çizelge 1.2 Bitkilerin Farklı Tuz Konsantrasyonlarına Göre Hassasiyetleri (FAO, 1976; Kotuby vd. 1997, Bayraklı 1998, Kanber vd. 1992)	3
Çizelge 3.1 <i>S. Grandis</i> rizosfer bölgesi toprak örneği özellikleri	14
Çizelge 4.1 Sera denemesinde uygulanan doz ve bakteri uygulamalarının mısır bitkisinin N içeriğine etkisi.....	32
Çizelge 4.2 Sera Denemesinde Uygulanan Doz ve Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Zn İçeriğine Etkisi.	43



1. GİRİŞ

Dünya çapında ve ülkemize özellikle de kurak ve yarı kurak bölgelerde toprak özelliklerini ve bitki gelişimini önemli ölçüde etkileyen toprak sorunlarından biri ve en önemlisi tuzluluk problemidir.

FAO/UNESCO tarafından hazırlanan raporlarda, Dünya Toprak Haritası verilerine dayanarak, Dünya genelinde 955 milyon hektar tuzdan etkilenmiş ve üretkenliği kısıtlanmış toprak bulunduğu bildirilmektedir. Bu sorunlu topraklar, Afrika'da 80.5 milyon, Avrupa'da 50.8 milyon, Avustralya'da 357.3 milyon, Amerika'da 146.9 milyon ve Asya kıtasında 319.3 milyon hektar alan kaplamaktadır (Szabolcs 1991).

Ülkemizde ise yapılan toprak etüt çalışmalarına göre yaklaşık 1 100 milyon ha alan tuzlu, 390 000 ha alan tuzlu- alkali ve 10 000 ha alan alkali olmak üzere toplam 1,5 milyon ha alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu görülmektedir(Akış 2003). Bu alanların % 41'i (614 617 ha) hafif tuzlu, % 33'ü (505 603 ha) tuzlu, % 0,5' i (8 641 ha) alkali, % 8' i (125 863 ha) hafif tuzlu-alkali, % 17,5'i (264 958 ha) tuzlu-alkali topraklardır (Sönmez 2004).

Toprak tuzluluğu, suda eriyebilen tuzların toprakta birikmesi ya da değiştirilebilir sodyum adsorbsiyon kompleksi tarafından yüksek oranda tutulması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Çeşitli tip ve düzeylerde tuzlanmaya uğrayan topraklar, Na^{++} , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , SO_4^{--} gibi birinci derecede önemli iyonlar. K^+ , B^{+++} , HCO_3^- , CO_3^{--} , NO_3^- gibi ikinci derecede önemli iyonların oluşturduğu tuzları içerirler anılan iyonların birinci ya da ikinci derecede önem taşımaları, doğada daha fazla ya da az görülmüş olmalarından kaynaklanmaktadır (Eruz 1979).

Tuzların asıl kaynağı kayaları oluşturan minerallerdir. Minerallerin toprağa dönüşmek üzere ayrışması sırasında suda eriyebilir tuzlar serbest duruma geçmektedir. Bu tuzlar bol yağış alan bölgelerde yağış sularıyla toprağın derinliklerine doğru taşınmakta, oradan da drenaj suyuyla taban suyuna ve daha sonrada akarsu ve denizlere

ulaşmaktadır. Dolayısıyla nemli iklim koşullarında ancak büyük akarsu deltaları ve denize yakın yerlerde deniz etkisiyle tuzlanmış sahalar oluşabilmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerde ise, yağış suları eriyebilir tuzları toprak içerisinde yıkayıp uzaklaştıracak oranlara ulaşmadığından, tuzlar toprak içerisinde birikirler. Bu açıklamalarda anlaşılabilmektedir ki; tuzlu toprakların oluşumu nemli ve kurak iklim koşullarında farklılık göstermektedir.

Doğal koşullarda toprakların tuzlaşması olayları önemli ölçülerde yukarıda açıklandığı biçimlerde meydana gelmektedir. Doğal koşullar dışında insanlarda toprakların tuzlaşması neden olabilmektedir örneğin fazla sulama suyunun uygulandığı yerlerde taban suyu düzeyinin yükselmesi, fazla tuzlu suların sulamada kullanılması ve toprağa yüksek oranda gübre verilmesi durumlarında tuzluluk sorunuyla karşılaşabilmektedir.

Ülkemizde kuru tarımdan sulu tarıma geçildiği ilk dönemlerde, yüksek ürün artışı sağlamak adına tarla içi hizmetleri tamamlanmadan, birçok sulama projesi çiftçilere sulama konusunda gerekli bilgiler aktarılmadan ve drenaj önlemleri alınmadan hayata geçirilmiştir. Bunun sonucunda verimli topraklarda insan kaynaklı ikincil tuzlaşma başlamıştır. Böylece doğal olarak var olanlara yeni tuzdan etkilenmiş topraklar eklenmiştir.

Tarım topraklarında toprak tuzluluğu, kök bölgesindeki toprak neminde yüksek çözünür tuz konsantrasyonunun bulunması ve bu konsantrasyon sonucunda oluşan yüksek ozmotik basınçtan dolayı temel besin iyonlarının dengeli emilimi ve suyun bitki kökleri tarafından alımını kısıtlanmasıyla oluşur (Tester ve Davenport 2003). Bunun sonucunda bitki sağlığı, ürün verimi ve çimlenmenin olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Munns ve Tester 2008). Yetiştirilen bitkilerin çoğunda verim, topraktaki nispeten düşük tuzlulukta bile azalmaya başlamaktadır, tuz miktarına göre bitkide oluşan zarar çizelge 1.1’de gösterilmektedir (elektriksel iletkenlik, $EC_{so} > 1 \text{ dS / m}$) (Chinnusamy vd. 2005).

Çizelge 1.1 Toprak Tuz Düzeylerine Göre (1:1toprak:saf su karışımı) Bitkilerin Duyarlılıkları (<http://soils.usda.gov>. 1999)

Tuzluluk (EC, dS/m)	Bitki Tepkisi
0-0.98 Çok az tuzlu	Tuzluluk etkisi çoğunlukla ihmal edilebilir
0.98-1.71 Az tuzlu	Çok duyarlı bitkilerin ürün verimleri düşebilir
1.71-3.16 Tuzlu	Birçok bitkinin ürün verimi düşer
3.16-6.07 Çok tuzlu	Tuza dayanıklı bitkiler normal ürün verebilir
> 6.07 Aşırı tuzlu	Tuza çok dayanıklı birkaç bitki ürün verebilir.

Kök bölgesi çözelti ortamında tuz konsantrasyonunun artması ile bitkinin bu su ve gerekli bitki besin elementi alabilmek için harcamak zorunda kaldığı enerji miktarı da artmakta ve sonuç olarak tuzluluk arttıkça bitkinin su ve besin kullanımı azalmaktadır. Bitkinin bu durumu sonucunda bitki verimi ve kalitesine azalma görülmektedir (Yurtseven vd. 2001).

Çizelge 1.2 Bitkilerin Farklı Tuz Konsantrasyonlarına Göre Hassasiyetleri (FAO, 1976, Kotuby vd. 1997, Bayraklı 1998, Kanber vd. 1992)

Çok Dayanıklı(10g/L)	Orta Derecede Dayanıklı (5g/L)	Hassas(2.5 g/L)
Hurma	Buğday	Bezelye
Arpa	Domates	Fasülye
Şeker pancarı	Yonca	Elma
Kuşkonmaz	Pirinç	Portakal
Ispanak	Mısır	Armut
	Patates	Badem
	Havuç	Kayısı
	Soğan	Şeftali
	Salatalık	
	Zeytin	

Son zamanlarda toprak sorunlarının artışı ile tarımsal amaçlı kullanılabilecek verimli tarım alanlarının azalması ile bu problemin çözülmesine yönelik çalışmalarda artmaktadır.

Bu tarz yöntemlerin geçici çözümler oluşturması ve devamlılık konusunda sıkıntıların olması bilim insanlarını daha sürdürülebilir yöntemler üzerinde durmaya

yöneltmektedir. Bu yöntemlerden birisi tuzlu ortama adapte olacak ve zor şartlarda yaşama oranı yüksek olan bitkiler kullanmaktır. Bu konuda yapılan çalışmalar arttıkça görülüyor ki bu bitkiler ile bu bitkilerin rizosfer bölgesindeki kök bakterileri ile olumlu bir ilişki vardır. Son zamanlarda, yararlı mikroorganizmaların kullanılmasına vurgu yaparak çevre dostu ve sürdürülebilir tarıma büyük bir ilgi duyulmaktadır (Rodriguez ve Redman 2008).

Bitki gelişimini destekleyen bakteriler yani PGPR olarak adlandırılan bakteriler uzun süredir tarımsal üretimi geliştirmek, verimliliği artırmak için etkili bir tarım girdisi olmuştur. Bu bakterilerin tuz toleransları belirlenip hem PGPR hem de halofitik olarak belirlenen bakterilerin kültür bitkileri ile muamele edilmesiyle konukçu oldukları bitkinin zor koşullara toleranslarının arttırdığını yapılan çalışmalar göstermektedir

Yüksek tuz konsantrasyonuna sahip topraklar da yaşayabilen rizosfer mikroorganizmaları, yetiştirilen pek çok farklı bitkinin kökleri ile de yakın ilişki içinde yaşar, aşırı tuzluluk oranına karşı toleranslarının eşsiz özellikleri, bitki ile etkileşimleri ve potansiyel uygulama yöntemleri nedeniyle tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde stres hafifletmede de önemli bir rol oynamaktadır. Bu koşullarda yaşayıp bitki gelişimi içinde destekleyici işlev gören bu tarz bakteriler doğal ortamlarından izole edilerek, laboratuvar koşullarında çoğaltılıp “Biyogübre” olarak kullanılmak üzere tarımsal girdiler olarak 2000’li yılların başından itibaren hem Türkiye hem de uluslararası bilimsel-tarımsal platformlarda giderek önem kazanmış bir olgudur.

Kısaca ifade etmek gerekirse bitki gelişimini teşvik eden faydalı toprak mikroorganizmaları içeren Son zamanlarda toprak sorunlarının artışı ile tarımsal amaçlı kullanılabilir verimli tarım alanlarının azalması ile bu problemin çözülmesine yönelik çalışmalarda artmaktadır.

Bu tarz yöntemlerin geçici çözümler oluşturması ve devamlılık konusunda sıkıntıların olması bilim insanlarını daha sürdürülebilir yöntemler üzerinde durmaya yöneltmektedir. Bu yöntemlerden birisi tuzlu ortama adapte olacak ve zor şartlarda yaşama oranı yüksek olan bitkiler kullanmaktır. Bu konuda yapılan çalışmalar arttıkça

görülüyor ki bu bitkiler ile bu bitkilerin rizosfer bölgesindeki kök bakterileri ile olumlu bir ilişki vardır. Son zamanlarda, yararlı mikroorganizmaların kullanılmasına vurgu yaparak çevre dostu ve sürdürülebilir tarıma büyük bir ilgi duyulmaktadır (Rodriguez ve Redman 2008).

Bitki gelişimini destekleyen bakteriler yani PGPR olarak adlandırılan bakteriler uzun süredir tarımsal üretimi geliştirmek, verimliliği artırmak için etkili bir tarım girdisi olmuştur. Bu bakterilerin tuz toleransları belirlenip hem PGPR hemde halofitik olarak belirlenen bakterilerin kültür bitkileri ile muamele edilmesiyle konukçu oldukları bitkinin zor koşullara toleranslarının arttırdığını yapılan çalışmalar göstermektedir

Yüksek tuz konsantrasyonuna sahip topraklar da yaşayabilen rizosfer mikroorganizmaları, yetiştirilen pek çok farklı bitkinin kökleri ile de yakın ilişki içinde yaşar, aşırı tuzluluk oranına karşı toleranslarının eşsiz özellikleri, bitki ile etkileşimleri ve potansiyel uygulama yöntemleri nedeniyle tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde stres hafifletmede de önemli bir rol oynamaktadır. Bu koşullarda yaşayıp bitki gelişimi içinde destekleyici işlev gören bu tarz bakteriler doğal ortamlarından izole edilerek, laboratuvar koşullarında çoğaltılıp “Biyogübre” olarak kullanılmak üzere tarımsal sıvı ya da katı ürünlerdir. Biyogübre’lerin içeriğini oluşturan faydalı mikroorganizmalar çoğu durumda toprak kökenli bakterilerdir. Bu bakterilerin en önemli işlevleri (i) havadaki azotu toprağa bağlayarak bitkinin hizmetine sunmaları; (ii) toprakta bulunduğu halde bitkinin faydalanamayacağı kimyasal formlarda bulunan besin maddelerini sentezledikleri organik asitlerle çözerek bitki tarafından alınabilir formlara dönüştürmeleri; ve (iii) bitki gelişimini düzenleyici/artırıcı fitohormonlar sentezlemeleri şeklinde ifade edilebilir. Yapılan bilimsel çalışmalar bu yeteneklere sahip faydalı toprak bakterilerinin keşfedilip biyogübre olarak tarımda uygulanması ile tarımda en büyük girdi payına sahip sentetik-kimyasal gübreler ve toprak düzenleyici materyallere olan bağımlılığın azaltılabileceğini göstermiştir. Çünkü tarım bitkilerinin temel besin maddesi ve vejetatif gelişme talepleri doğal olarak toprakta bulunan ve çoğaltılarak yeniden toprak koşullarına aşıl原因an faydalı bakteriler ile karşılanabildiğinden kimyasal gübrelerin üretimi, dağıtımı ve tarlaya uygulaması gibi pek çok aşamada enerji ve parasal kaynak tasarrufu sağlanabilmektedir.

Ticari biyogübrelerin bitki gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli biyokimyasal mekanizmalarla destekleme yeteneği gösteren mikroskobik boyuttaki toprak canlılarıdır. Bu nedenle uluslararası bilimsel literatür de yaygın olarak “Plant Growth Promoting *Rhizobacteria*” (bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri); kısaca PGPR olarak anılmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırma *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Actinoplanes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas sp.*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Amorpho sporangium*, *Cellulomonas*, *Flavobacterium*, *Streptomyces* ve *Xanthomonas* gibi toprak bakterilerinin PGPR niteliğinde olduğunu ve uygulamalarının bitki verimini artırdığını, bitki hastalıkların yıkıcı etkilerini azalttığını göstermiştir (Dutta ve Podile 2010).

Biyogübre uygulamaları adı altında tarımda PGPR kullanımı Türkiye’de de artan bir ilgi görmüştür. Çeşitli PGPR formülasyonları kullanılarak buğday ve arpa (Ozturk vd. 2003 Salantur vd. 2005, Turan vd. 2013), şeker pancarı (Şahin vd. 2004), çilek (Esitken vd. 2010), elma (Aslantas vd. 2007), asma (Köse vd. 2005) ve ahududu, (Orhan vd. 2006) gibi tek/çok yıllık farklı kültür bitkileri üzerinde araştırılmıştır. Kullanılan PGPR materyallerinin ürün miktarı, bitki verimi, gelişimi ve fizyolojisi gibi özellikler üzerinde olumlu katkıları olduğunu göstermiştir. Dünya literatürüne bakıldığında bazı PGPR aktivitelerinin kuraklık, tuzluluk ve düşük besin maddesi gibi abiyotik stres koşullarının etkilerini azaltmak suretiyle bitki gelişimini ve bitkisel verimi desteklediğine işaret eden çok sayıda bulgu görülmektedir.

Söz konusu literatür havuzunun ortak yönü, kurak/yarı-kurak bölgelerdeki zorlu toprak koşullarında sorunsuzca gelişen tuzu seven (halotolerant-tuza dayanıklı ve halofitik-tuz toplayan) bitkilerin kök bölgesinin, bu işlevi yerine getirecek PGPR’ lerin kaynağı olarak değerlendirilebileceğidir. Ne yazık ki Ülkemizde yapılan önceki ve mevcut biyogübre araştırma ve üretim faaliyetlerine bakıldığında bu şekilde “Tuzu seven bitkilerin rizosfer koşullarından izole edilen PGPR’ lerden kurak/yarı-kurak bölge koşullarına özgü biyogübre üretimi” bakış açısıyla gerçekleştirilmiş bir faaliyet bulunmamaktadır. Yukarıda ifade edilen görüş ve tespitler ışığında bu yüksek lisans araştırmasının amacı;

(i) Orta Anadolu Bölgesi yarı-kurak koşullarında yayılım gösteren tuzu seven (halotolerant+halofitik) bir bitkinin kök bölgesinde tuzu seven ve bitki gelişimini destekleyen kök bakterileri” (PGPR) izole etmek (keşfetmek)

(ii) Deneysel koşullarda gerçekleştirilecek buğday ve/veya mısır üretim denemeleri ile elde edilen PGPR’ lerin bitki gelişimine ve verimine etkilerini test etmek (ve böylece Türkiye Orta Anadolu Bölgesi Tarımında kullanılabilecek potansiyel biyogübre(ler) için PGPR materyali sağlamak) olarak sıralanabilir.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 PGPR İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Doğal koşullarda yaşayan toprak bakterileri bitkinin rizosfer bölgesinde kolonize olup bitki ile simbiyotik ilişki kurarak bitki gelişimine yardımcı olmaktadır. PGPR birçok tarımsal mahsullerinin erken çimlenme, bitki boyu, ağırlığı, sürgün dokularının gelişmesi, erken çiçeklenme, klorofil miktarında artış, besin içeriğinin dengelenmesi gibi bir dizi mekanizma ile bitki gelişimini de olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. PGPR, azot fiksasyonunu artırıp havadaki azotu bağlayarak baklagillerin büyümesini teşvik ederken Fosfor, kükürt, demir gibi diğer besin elementlerinin alımını kolaylaştırmaktadır. Bu faydalı bakteriler; ayrıca fungal ve bakteriyel hastalıklarını kontrol etmek ve böcek gibi zararlıları uzaklaştırmakta da kullanıldığı bilinmektedir (Saharan ve Nehra 2011).

Delen vd. (2013), araştırmalarında, iki farklı bakteriyi (*Rhizobium meliloti*) tohum ve toprağa aşılayarak bakterilerin çemende verime etkilerine bakmışlardır. Bu amaçla yapmış oldukları denemede tohum aşılama yönteminin daha olumlu etki yaptığı görülmüş ve tohum aşılama dozları arttıkça elde edilen değerler de artmış, ancak genel olarak 2 kg/100 kg ile 3 kg/100 kg dozu arasında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Kloepper vd. (1980a,b), kök bakterilerin patates bitkisinin gelişimi ve verimini nasıl etkilediğini araştırmışlardır. Patates ve kereviz köklerinden izole edilen *Pseudomonas* türünün iki izolatu sera koşullarında patates bitkisinin sera koşullarında bitki büyümesini % 500 kadar arttırdığını göstermişlerdir.

PGPR' la ilgili yapılan bir çalışmada farklı kök bakterilerinin domates bitkisinde verime etkisine bakmışlar ve *Bacillus* spp. strain 66/3'ün kontrole kıyaslandığı zaman domates verimi üzerine sonbaharda % 37 ve ilkbaharda % 18 düzeyinde bir artışına neden olduğunu belirlemişlerdir (Kıdoğlu vd. 2009).

2.2 Tuzlu-Alkali Kurak Toprak Koşullarında Halofitik Bitki Rizosferinden PGPR İzolasyonu ile İlgili Çalışmalar

Yao vd. (2010), alkali topraktan izole ettikleri *Pseudomonas putida* Rs-198 ırkının tuz stresi altında pamuğun gelişimi üzerine etkisini araştırmışlardır. uygulama sonrası çimlenme oranını % 23.8, bitki boyunu % 12.8, yaş ağırlığını % 30.7 ve kuru ağırlığını da % 10 arttığı tespit edilmiştir. Rs-198 ırkının topraktan Na⁺ alımını azalttığı ve tuz stresi altındaki pamuk bitkilerinde IAA üretimini artırdığını belirlemiştir.

Egamberdiyeva vd. (2004), Özbekistan’da yarı kurak bölgede pamuk ve bezelyede bitki gelişimini arttıran bakterilerin büyüme ve besin alımına etkisini incelemişlerdir. Araştırmada kullanılan *Pseudomonas alcaligenes* PsA15, *P. denitrificans* PsD6, *Bacillus polymyxa* BcP26 ve *Mycobacterium phlei* MbP18 bakterilerinin inokulasyonundan sonra pamuk ve bezelyenin kök ve sürgün büyümesini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Pamuğa *P. denitrificans* PsD6, *B. amyloliquifaciens* BcA27, *M. phlei* MbP18, *A. globiformis* ArG1 ve *A. simplex*. ArS50 (p < 0:05) inokulasyonu kontrole kıyasla sürgünlerin kuru ağırlığını % 13 - % 38 oranlarında arttırmıştır. Sadece üç bakteri izolatu (*P. alcaligenes* PsA15, *P. denitrificans* PsD6 ve *A. simplex* 50) kök kuru ağırlığını arttırmıştır. Kök ve sürgün kuru ağırlığı artırmada en etkili olan izolat kontrol grubuna göre % 38 oranında artışa neden olan *P. denitrificans* PsD6 bakterisi olarak belirlemişlerdir.

Paul ve Nair (2008), Kuzey Kore’de PGPR bakterilerin kıyasal tarım topraklarında tuzluluk artışında stres adaptasyonlarını araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada *P. fluorescens* izolatının tuz stresini engelleyici proteinler üretebilme kabiliyetine sahip olduğu ve tuzlu topraklarda bitki gelişimi için uygun bir inokulant olabileceğini belirtmişlerdir.

Hamaoui vd. (2001), tarla ve sera koşulları altında *Azospirillum brasilense* ile inokule edilen bakla ve nohut bitkilerinin tuza toleranslarını incelemişlerdir. Sera denemelerinde *Azospirillum brasilense* ile inokule olan her iki bitkide tuzlu sulama suyunun negatif etkisinin önemli bir düzeyde azaldığını bildirmişlerdir. İnokulasyon edilen bitkilerde

gelişimin erken aşamalarında her iki koşulda ki bitkilerin kök büyümesi ve dallanmasını arttırdığı bildirilmiştir.

Gholami vd. (2009), PGPR ile inoküle edilen mısır bitkisinin verimine, tohum çimlenmesi, fide gelişimine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada kullanılan altı bakteri (*P.putida* izolat R-168, *P.fluorescens* izolat R-93, *P.fluorescens* DSM 50090, *P.putida* DSM291, *A.lipoferum* DSM 1691, *A.brasilense* DSM 1690) uygulaması sonucunda; inoküle edilmiş tohumlarda, bitki büyümesi ve gelişmesinin daha iyi olduğunu, özellikle *P.putida* izolatı R-168 ve *A.lipoferum* DSM 1691 diğer türlere göre bitki gelişimine önemli derecede olumlu etki ettiği bildirilmiştir. Kontrol uygulaması ile *P.putida* DSM291 izolatının karşılaştırılması sonucunda % 70'in üzerinde, *A.lipoferum* DSM1691'in ise % 100'ün üzerinde bitki kuru ağırlığına etkilediğini bildirmişlerdir.

Yildirim vd. (2008), tuzlu şartlarda turp bitkisine *Bacillus subtilis* EY2, *Bacillus atrophaeus* EY6 ve *Bacillus sphaericus* GC subgrup B EY30 uygulamalarının bitki yaş ve kuru ağırlığını arttırıp bitkinin sodyum yerine diğer elementleri daha fazla bünyesine aldığı tespit etmişlerdir.

Tuzlu şartlarda maş fasulyesinde yapılan bir başka çalışmada ise ACC deaminaz üreten *Rhizobium* ve *Pseudomonas* ırkları kombinasyonlarının ozmotik strese toleransı incelenmiştir. Sonuçlara göre *Rhizobium* ve *Pseudomonas* yalnız başına inokulasyonları tuz tolerans indeksini sırasıyla 1.3 ve 2.0 kat artırırken, toplam kuru maddeyi 1.4 ve 1.9 kat artırmıştır. Ayrıca toplam kuru madde ve tuz tolerans indeksinin *Rhizobium* ve 26 *Pseudomonas* ırklarının kombinasyonunda 2.2 kat artışı da belirlenmiştir (Ahmad vd. 2013).

2.3 Mısır ve PGPR ile İlgili Çalışmalar

Uzun (2014), bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin , mısır (*Zea mays L.*) bitkisinin fosforlu etkinliğini tarla ve sera koşullarında araştırmıştır. Yapılan çalışmada 3 tekerrürlü olarak TSP (% 44 P2O5) ve Fosfat Kayası (FK) (% 29,30 P2O5) gübresi uygulanmıştır. Çalışmada bakteri (kontrol, *Bacillus pumilus* C26 ve *Bacillus*

megatarium M3) ve beş farklı fosfor dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da) belirlenmiştir . Hasat zamanında toprak örneklerine fosfor analizleri, bitki öneklerinde ise verim ve verim parametreleri ile sap, gövde ve yapraklarda fosfor ve azot analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak; PGPR' lerin mısır bitkisinin boyu, gövde çapı, tanede fosfor ve azot miktarı, yaprak azot miktarı ve sap azot miktarına istatistiksel etkisi gözlemlenmezken, bitki kuru ağırlığı, tane verimi, yaprak fosfor içeriği ve sap fosfor içeriğine istatistiksel olarak önemli sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir. Sürdürülebilir ve organik tarım sistemlerinde, verimi artırmak amacıyla kimyasal gübrelerden daha olumlu sonuçlar elde edebilmek için, gübre yönetiminde özellikle PGPR bakterilerinin kullanımının artırılmasını belirtmişlerdir.

Mahfouze vd. (2007) yapmış olduğu çalışmada, mısır bitkisinin normal gelişimi için gerekli olan N,P,K gübre miktarının yarı oranında gübre kullanımı ile biyogübre uygulaması sonucunda mısır bitkisinin gelişimi, bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık miktarının kontrole kıyaslandığı zaman önemli oranlarda artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Hussein vd. (2013) yapmış olduğu bir başka çalışmada, toprak mikroorganizmalarının topraklarda ki fosfor dönüşümünde önemli rol oynadıklarını bildirmişlerdir. Bu amaçla beş farklı PGPR bakterisinin [PS-01 (*Burkholderai* sp.), PS-12 (*Bacillus* sp.), PS-32 (*Pseudomonas* sp.), PS41 (*Flavobacterium* sp.) ve PS-51 (*Pseudomonas* sp.) topraklarda organik ve inorganik fosforu çözme ve mısır bitkisine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda bakteri uygulaması ile mısır bitkisinin bitki boyu, kök uzunluğu, kök ve 8 gövde kuru ağırlığı ile tane verimini ve fosfataz aktivitesi, fosfor ve yarayışlı fosfor miktarının kontrole göre sırasıyla % 189, 185 ve 62 oranında artırdığını belirtmişlerdir.

Şahin (2008), 20 farklı nohut türü ile yapmış olduğu çalışmada bakteri inoküle edilmiş nohut ve mısır tohumlarını farklı azot dozları uygulayarak sonuçlarını gözlemlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre farklı türlerde ki nohutların kuru madde miktarları, N konsantrasyonları ve sömürülen N miktarları türlere ve azot dozlarına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Meksika, Konya Tipi ve Aziziye-94 türlerinin azot kullanım etkinlikleri hem inoküle edilmiş hem de edilmemiş durumlarda diğer türlerden yüksek

çıkıştır. Toprakların toplam N ve P içeriklerinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Mısır bitkisinin kuru madde verimi ve N alımı gübre dozlarıyla doğru orantıda artmış ancak bakteri uygulamasının kuru madde üzerine istatistiksel olarak önemli etkisi olmadığını belirtmişlerdir.

Sharifi vd. (2011), yaptıkları bir çalışmada farklı PGPR uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde miktarı ile tane verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda farklı PGPR uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi, kuru madde oranını artırdığını belirtmişlerdir. Özellikle PGPR bakterilerinden *Azotobakter* uygulaması sonucunda en yüksek tane verimi ve kuru madde miktarını elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Kloepper vd. (1980a,b), patates, mısır ve sorgum gibi bitkilerde verimin kontrole göre % 10-30 oranında artış gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Perveen vd. (2007), yapmış olduğu çalışmada PGPR ile inoküle edilen bitkilerin kuru madde miktarı ile tane verimini önemli düzeylerde artırdığının göstermişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Bakteri İzolasyonunda Kullanılan Bitki

Araştırma da kullanılan biyolojik materyal, Ankara'nın Beypazarı ilçesi, Nallıhan Bölgesi, Davutoğlu Kuş Cenneti'nin güneydoğusunda yer alan jips, marn, kireç ve bor gibi tuzlarca zengin olan çorak arazi koşullarında doğal olarak gelişen ve endemik bir bitki olan “Koca Soda” (*Salsola grandis*) bitkisidir. Sadece bu alana özgü olan bir *Chenopodiaceae* (Ispanakgiller) familyasına ait türdür. Şekil 3.1’de de görüldüğü üzere Tek yıllık etli yapraklı, 1,5 m boylanabilen en boylu ve büyük kanatlı sodaotu (*Salsola*) türüdür. Çiçek örtü yaprakları körelmiştir. Çiçekler Haziran - Temmuz ayında belirse de küçük olduklarından dikkati çekmez (Tıpırdamaz vd. 2006).



Şekil 3.1 Koca Soda (*Salsola grandis*) Bitkisi

3.2 PGPR İzolasyonu için Gerekli Olan Rizosfer Toprağının Temini

2017 Temmuz ayında Ankara ili Beypazarı ilçesi, Nallıhan bölgesinin 28 km doğusunda (40°05'29.57"N, 031°36'10.26"E) Davutoğlu Kuş Cennetinin doğusunda yer alan vadilik bölgenin tuzlu ve jipsli topraklarında gelişen *S. Grandis* tespit edilerek 6 tane *S. Grandis* bitkisinin rizosfer bölgesinden (0-15 cm derinlikten) toprak örnekleri toplanmıştır (Şekil 3.2). Toplanan örnekler parçalanarak zipli plastik poşete aktarılmış; kimyasal analizler için gereken miktar ayrıldıktan sonra biyolojik amaçlar için kullanılacak toprak buz kutusu içinde laboratuvara getirilerek mikrobiyolojik analizler

boyunca +4 °C buzdolabında muhafaza edilmiştir PGPR izolasyonu için kullanılan *S. Grandis* rizosfer toprağının özellikleri tablo verilmiştir.

Çizelge 3.1 *S. Grandis* rizosfer bölgesi toprak örneği özellikleri

pH	9,59
EC(dS/m)	1,045
Organik Madde(%)	0,73
Toplam N (%)	0,15
CaCO ₃ (%)	8,45

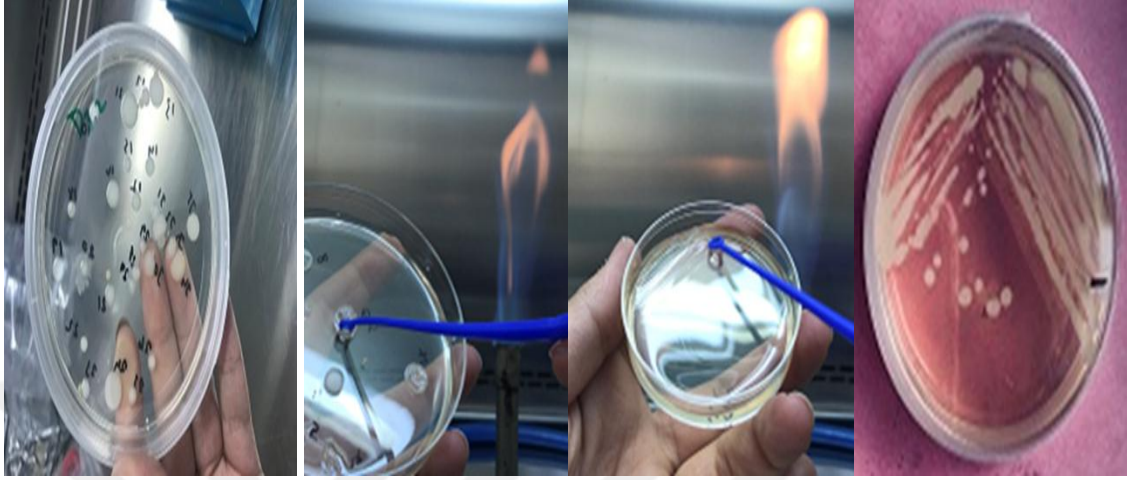


Şekil 3.2 Bitkinin rizosfer bölgesinden toprak örneği almak

3.3 Koca Soda (*Salsola grandis*) Bitkisinin Köklerinden Rizobakteri İzolasyonu

Alınan toprak örnekleri laboratuvar koşullarında homojen olarak karıştırılmıştır. Bu karışımdan alınan 1g toprak örneği 10 ml serum fizyolojikle karıştırılıp stok çözelti hazırlanmıştır. Elde edilen stoktan 1 ml çekilip yine serum fizyolojikle hazırlanan seri dilüsyon yöntemi ile 10^{-8} e kadar seyreltilmiştir. Son dört dilüsyondan 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} ve 10^{-8} den 3 tekerrür olmak üzere 50 ml steril pipetle çekilip daha önce hazırlanmış nutrient agarlı besiyerine aktarılmıştır. Drigalski spatülü ile yayılıp parafilmlenen petriler 29 °C’ de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda gözle incelenerek birbirinden şekil, renk ve farklı yayılım gösteren 50 kloni tekrar ayrı

petrilere 4 fazlı çizgi ekim yöntemi ile tekrar ekim yapılmıştır (Şekil 3.3). Sonuç olarak gözlem sonucu birbirinden farklı olduğu düşünülen 50 izolat belirlenmiştir



Şekil 3.3 Karışık kültürden saf kültür elde edilmesi

3.4 PGPR Testleri

Elde edilen bireysel izolatların bitki gelişimini destekleme özelliklerini ortaya koymak için izolatlar aşağıda detayları verilen biyokimyasal testlere tabi tutulmuştur.

3.4.1 İzolatların azot fiksasyon potansiyelinin belirlenmesi

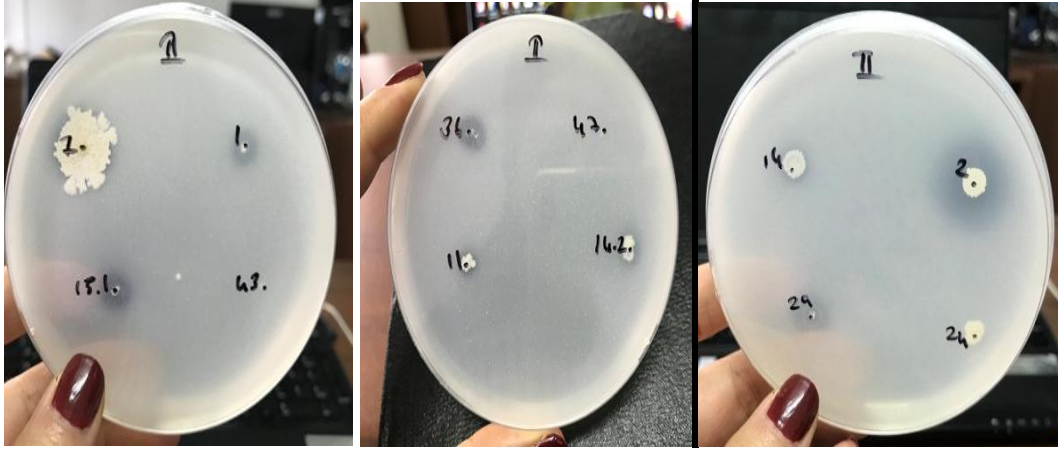
Topraktan izole edilip saflaştırılan 50 bireysel izolatın atmosferik azotu bağlayabilme yetenekleri Jensen besi ortamı diye adlandırılan içeriğinde 8g sukroz, 0,4g dipotasyumfosfat, 0,2g magnezyum sülfat, 0,2g sodyum klorid, 0,04g demir sülfat, 0,002g sodyum molibdat, 0,8g kalsiyum karbonat ve 6g agar bulunan ancak azot bulunmayan ve bakterinin yaşamsal aktivitelerinde kullanmak üzere havadan azot fikse etmek zorunda kaldıkları ayrıca fiksasyon yapabilen bakterilerin yalnızca gelişim gösterdikleri besiyerleri hazırlanıp, 3 tekerrürlü olarak nokta ekim yöntemi ile bakteri ekimi yapılmıştır (Bashan vd. 1993, Ahmad vd. 2008). Gelişim gösteren izolatlar azot bağlama yönünden pozitif kabul edilmiş ve en yüksek gelişim çapına sahip bakteri sera koşullarında saksı denemesinde kullanılmak üzere seçilmiştir.



Şekil 3.4 N analizi sonucu pozitif sonuç gösteren bakteriler

3.4.2 İzolatların fosfor çözme potansiyelinin belirlenmesi

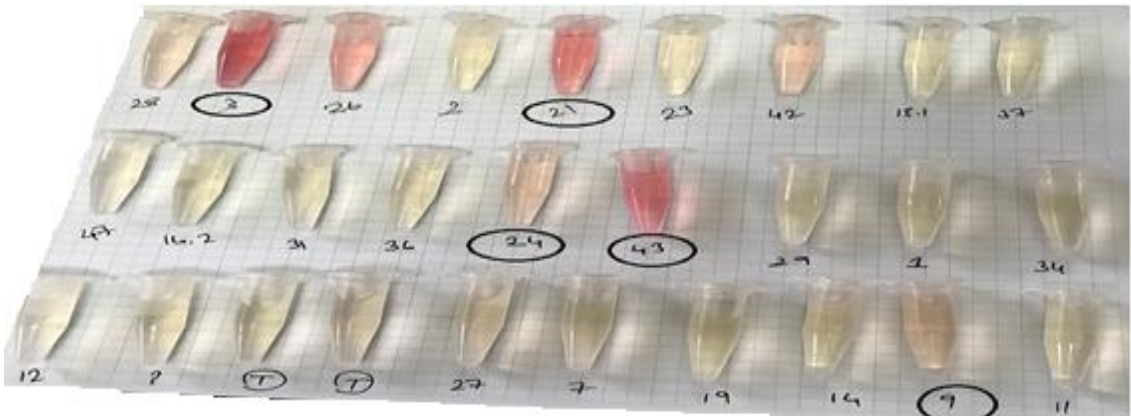
Topraktan izole edilip saflaştırılan bireysel izolatların fosfor çözme kabiliyeti Pikovskaya besi yeri kullanılarak belirlenmiştir. Besiyerinde 0,2 maya ekstraktı, 4g dekstroz, 0,2g amonyum sülfat, 0,08g potasyum klorid, 0,04g magnezyum sülfat 0,0004g manganez sülfat, 0,0004g demir sülfat, 2g calsiyum fosfat ve 6g agar kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan besi yeri steril edildikten sonra petrilere aktarılmıştır. Hazırlanan besi yerine daha sonra nokrta ekim yöntemi ile 3 tekerrürlü olmak üzere bakteri ekimi yapıp inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda eğer bakteri fosfor çözümleyebilme yeteneğine sahip ise besiyerin de ki fosfatlı bileşiği çözüp koloninin gelişim gösterdiği bölgede ki besiyerinin şeffaflaşmasına neden olarak halo zone oluşturmaktadırlar (Pikovskaya 1948). İnkübasyon sonrası elde edilen izolatlardan kolonileri etrafında “halo zone” sergileyen bireyler pozitif (fosfat çözen) olarak değerlendirilmiştir. Bu bireylerin arasındaki fark Kumar ve Ram (2014) tarafından bildirilen fosfat çözme etkinliği indeksi kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.5 P analizi sonucu pozitif sonuç gösteren bakteriler

3.4.3 İzolatların Indol-3-asetik asit (IAA) sentezi potansiyelinin belirlenmesi

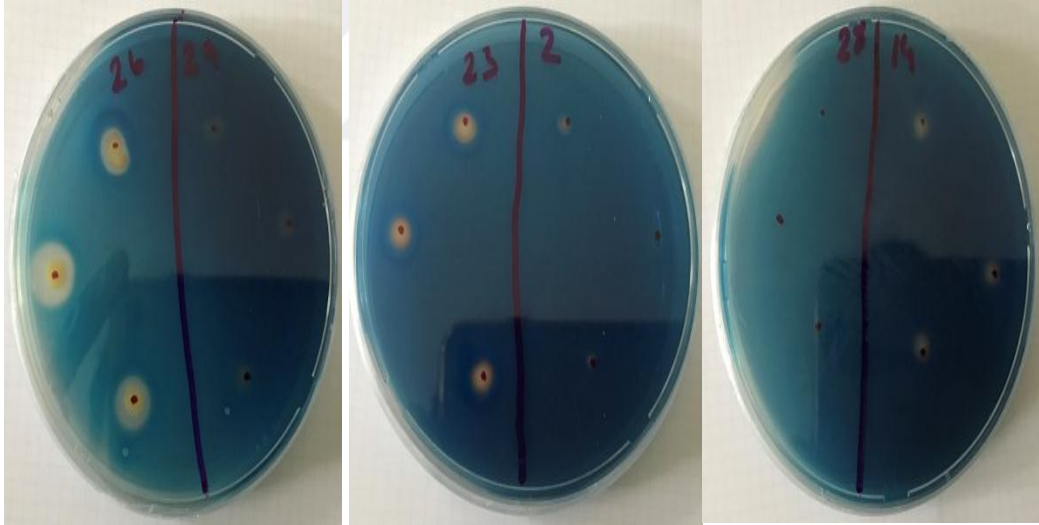
IAA üretim performansını belirlemek için bireysel izolatlar IAA üretim ortamı olan ve 15g glikoz, 1g beef ekstraktı, 1,5g kalsiyum karbonat, 0,102g triptofan ile hazırlanan sıvı besiyerine 1 öze dolusu bakteri inoküle edilip vortekslenmiştir. İnokülasyon sonucunda bakteriler 29 °C çalkalayıcı inkübatörde gelişime alınmıştır, inkübasyon süresi sonucunda tüpler 3000 rpm’de 30 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Üst fazın 300 µl’si 1.2 ml Salkowski ayracı ile reaksiyona alınarak oluşan renk reaksiyonu 535 nm dalgaboyunda okunmuştur (Acuña vd. 2011).



Şekil 3.6 İAA analizi sonucu

3.4.4 İzolatların siderofor sentezi potansiyelinin belirlenmesi

Pérez-Miranda vd. (2007) tarafından bildirildiği gibi hazırlanan ve ilk olarak içeriğinde 3,04g PİPES ve 1,5g agar ile hazırlanmış ve pH sı 6,8 e ayarlanmış ortama nokta ekim yöntemi ile bakteri ekimi yapılmı sonra inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda ikinci ortam olan ve içeriğinde 20 ml saf su ile hazırlanan 0,604g chrome azurol S (CAS), 20ml saf su ile hazırlanan 0,0729g HDTMA, 10 ml 1Mm FeCl₃.6H₂O ve 1.5 gr agar ile hazırlanan toplamda 50 ml ikinci besiyeri sterile edildikten sonra 10 ml'si ilk ortam üzerinde geliştirilen bireysel izolatların üzerine uygulanmış ve tekrar inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda Mavi renkli CAS ortamının açık turuncuya dönüştüğü koloni bölgesi bakterinin siderofor üretebildiği ve renk dönüşümünün turuncu-sarı arasındaki değişimi siderofor üretim düzeyinin ölçütü olarak değerlendirilmiştir (Kataoka vd. 2017).



Şekil 3.7 Siderofor analizi ile pozitif sonuç gösteren bakteriler

3.5 Sera Denemesi Toprağın Temini

Saksı denemesinde kullanılacak toprak bakteri izolasyonu yapılan rizosfer toprağının temin edildiği alanın doğu yönünde kalan ve örnekleme yapıldığı dönemde nadasa bırakılmış olan bir tarım arazisinden yaklaşık 60 kg toprak temin edilmiştir. Alınan

toprak Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında plastik bir örtü üzerinde hava kuru duruma gelinceye kadar kurutulmuş, iri kesekler ezilmiş ve 4 mm' lik elekten elenerek sera denemesi için hazırlanmıştır. Toprağın deneme kurulmadan önce genel toprak analizlerinden toplam N, yarıyışlı P, organik madde, Ph, EC ve KDK analizleri yapılmıştır(Çizelge 3.2) ve hava kuru toprak 1 kg' lik saksılara tartılarak yerleştirilmiştir.



Şekil 3.8 Deneme için hazırlanan saksılar

Çizelge 3.2 Genel toprak analizleri

pH	7.94
EC(ds cm-1	1537 - 1,54 Ds/cm
Nem (%)	% 3,42
Organik Madde(%)	2.094
Toplam N	0,081
Yarıyışlı P	0,484 ppm
Kireç (%)	18,328
KDK	53,485 meg/100
Kum(%)	36,506
Kil(%)	40,72
Silt(%)	22,77
Toprak	Kil

3.5.1 Mısır saksı denemesi

Saksı denemesi amaçlı toprak materyali kullanılarak Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında tesadüf parselleri deneme desenine dayanarak çizelge 3.3 te belirtilen düzene göre kurulmuştur.

Çizelge 3.3 Mısır Sera Denemesi planı

UYGULAMA	KİMYASAL DÜZEYİ	GÜBRE	PGPR İNOKÜLASYONU
1	%100		PGPR-0 PGPR-1 PGPR-2 PGPR-3 PGPR-4 (karışık inokülan)
2	%75		PGPR-0 PGPR-1 PGPR-2 PGPR-3 PGPR-4 (karışık inokülan)
3	%50		PGPR-0 PGPR-1 PGPR-2 PGPR-3 PGPR-4 (karışık inokülan)
4	%25		PGPR-0 PGPR-1 PGPR-2 PGPR-3 PGPR-4 (karışık inokülan)
5	0		PGPR-0 PGPR-1 PGPR-2 PGPR-3 PGPR-4 (karışık inokülan)

Sera denemesi kurulurken bitki materyali olarak BATEM 7252 (SIDE) silajlık mısır çeşidi kullanılmıştır. Bitki için taban gübrelemesi olarak P ihtiyacı için 1 kg toprağa 20 ml de 150 ppm olacak şekilde KH_2PO_4 , N için ise 1 kg toprağa 20 ml de 100 ppm olacak şekilde $\text{NH}_4.\text{NO}_3$ uygulanmıştır. Saksı başına 5 tohum ekilmiş ve gübre miktarına ilave olarak tarla kapasitesinin %60 ı olacak şekilde saf su ile tamamlanarak saksılara uygulanmıştır.

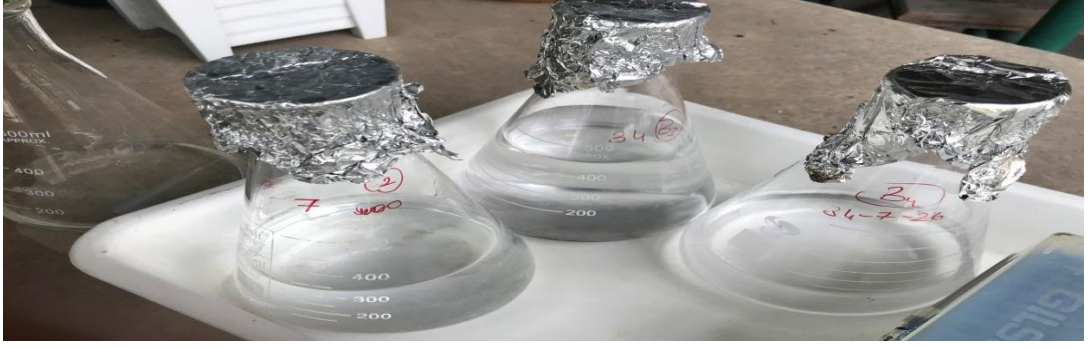


Şekil 3.9 3. Gün çimlenen mısır tohumları

Tohumların çimlenmesinden bir hafta sonra Saksılara ekim yapılmadan önce, -80°C’de, gliserol ve sıvı besiyeri NB (Nutrient Broth) içerisinde muhafaza edilen bakteriler nutrient agar katı besi ortamına çizgi ekim yapılarak inkübatörde 48 saat inkübe edilmiş, inkübasyon sonrası gelişen her bir bakteriden hazırlanan bakteriyel süspansiyonlar steril serum fizyolojik ile seyreltilerek konsantrasyon 10^8 CFU/ml’ye ayarlanmıştır. Bu solüsyonlardan her bir bitki için 15 ml 1 haftalık gelişim gösteren mısır bitkilerinin kök bölgesine sulama suyu inokülasyon yapılmıştır.



Şekil 3.10 5. gün mısır bitkisi



Şekil 3.12 Bitkilere verilmek üzere hazırlanan bakteri solüsyonu



Şekil 3.13 7. Gün mısır bitkisi



Şekil 3.14 10. Gün mısır bitkisi



Şekil 3.15 30. Gün mısır bitkisi



Şekil 3.16 30. Gün farklı bakteri uygulamalarının % 0 gübre dozunda gelişimleri



Şekil 3.17 60. günlük mısır bitkisi

3.6 Sera Denemesinde Yapılan Bitki Analizleri

Farklı uygulamalar altında gelişime alınan mısır bitkileri denemenin 60. günü hasat edilmiş ve aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18 Bitki, ölçümü ve hasat

3.6.1 Bitkilerin kuru madde miktarı (Yaprak-Gövde)

Bitkilerin kuru madde miktarları, 70 °C de 72 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılarak belirlenmiştir.

3.6.2 Analizler için bitki ekstraktı hazırlama

Kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örneklerinin nitrik-perklorik asitle karıştırılıp çeker ocak altında bitki örnekleri önce kahverengi daha sonra beyaz olana kadar yakılıp daha sonra balon jojelere süzölmüştür. Ekstra saf su ile derecesine tamamlanıp ekstrakt kaplarına alınmıştır.

3.6.3 Bitkide P analizi

Yaş yakma sonucu elde edilen ekstraktan 1 m alınıp 8 ml diyonize su ile karıştırılmıştır. Bu karışım vortekslendikten sonra 1 ml barton çözeltisi ilave edilip tekrar vortekslenmiş ve 10 dk sonra 430 nm de okuma yapılmıştır.

3.6.4 Bitkide N analizi

Bitki örneklerinin toplam azot içerikleri için tuz karışımı ve salisilik-sülfürik asit ile ön yakmaya tabi tutulduktan sonra Kjeldahl yöntemiyle (Anonymous, 1990) sırasıyla destilasyon ve titrasyon işlemleri yapıp azot miktarı belirlenmiştir.

3.7 Bitki Verilerinin İstatistiksel Analizleri

Denemeden elde edilen veriler SPSS-22 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan ortalamalara ait verilere Duncan testi uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde laboratuvar koşullarında yapılmış olan PGPR analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre bakterilerin seçimi ve sera denemesi sonunda yapılmış olana bitki analizlerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi yapılmış olup elde edilen sonuçların yorumlanması yapılmıştır.

4.1 Sera Denemesinde Kullanılan PGPR İzolatlarının Seçimi

Yapılan 4 farklı PGPR analizi sonucu da her bir parametrede en yüksek sonucu veren izolatlar PGPR (bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri) olarak kabul edilmiş ve seçilen 3 bireysel izolat (P için 34 numaralı bakteri, N için 7 numaralı bakterive siderafor ve İAA sentezleyebilen 26 numaralı bakteriler seçilmiştir.) ve 3 izolatın karışımını içeren toplamda 4 PGPR uygulaması olacak şekilde bir sonraki mısır saksı denemesi aşamasına alınmıştır.



Şekil 4.1 PGPR analizleri sonucunda sera denemesinde kullanılmasına karar verilen 3 bakteri

4.2 Farklı PGPR-Kimyasal Gübre Kombine Uygulamalarının Bitki Besin Maddesi İçeriği ve Gelişimine Etkisi

Farklı gübre dozlarının ve bakteri uygulamalarının mısır bitkisi besin maddeleri üzerine birlikte etkisinin araştırıldığı denemeden elde edilen verilerin analizi ile elde edilen sonuçların her biri farklı başlıklar altında incelenmiştir.

4.2.1 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin ağırlığı üzerine etkisi

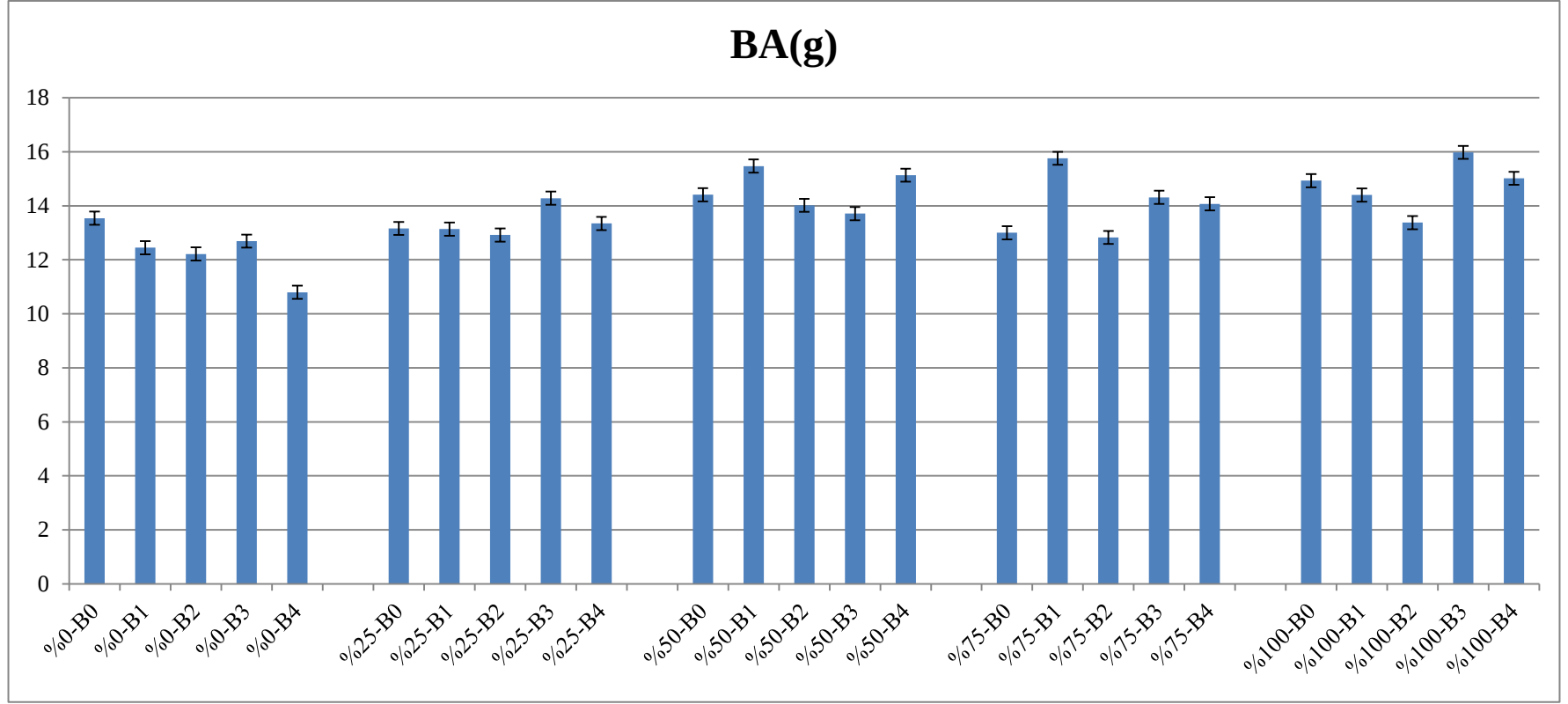
Bakteri-gübre interaksyonu açısından incelendiği zaman uygulamanın bitki ağırlığı üzerine olan etkisi şekil 19’ da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde değerler 10,767g ile 15,978 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek sonuç 15,978g ile %100-B3 uygulamasında görülürken en düşük sonuç 10,767g ile %0-B4 uygulamasında görülmektedir. Ayrıca ikinci en yüksek sonuç ise 15,758g ile %75-B1(26 numaralı bakteri İAA sentezlediği düşünülmektedir) uygulamasında görülmektedir.

Genel olarak gübre-PGPR uygulamalarının bitkinin ağırlığı üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır.($p<0,05$)

Araştırmacılar çeşitli bitkilerin rizosferinden elde ettikleri PGPR izolatlarının büyümeyi olumlu yönde etkinliğini belirlemişlerdir. Yapılan bir çalışmada tuzdan etkilenmiş toprakların bulunduğu saksılara mısır tohumu ekilmiştir. Bitkilerde tuzun meydana getireceği zararı indirmek için tohumlara azot, biyogaz çözeltisi ve PGPR bakterileri (*Pseudomonas fluorescens* ve *Enterobacter aerogenes*) farklı şekillerde uygulanmıştır. Yapılan denemeler sonucu her bir uygulama kontrole göre bitki gelişmesinde olumlu sonuçlar vermiştir. Fakat en iyi gelişimi her üç uygulamanın birlikte verildiği bitkiler göstermiştir. Bitkilerin kök/gövde uzunluğu ile kuru ağırlıkları, 100 tane ağırlıkları, prolin birikimleri ve tanelerin N, P ve K içerikleri kontrolleriyle karşılaştırıldığında en fazla gelişim üçlü uygulama sonucu elde edilmiştir (Ahmad vd. 2014).

Sultana ve Pindi (2013) yaptıkları çalışmalar sonucunda *Bacillus* türünden 4 yeni izolatın pamuk bitkisinin boyunda, taze ve kuru ağırlığına artış meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Tuz stresi altındaki mısır bitkisine ACC deaminaz üretebilen bakteriler uygulanmıştır. Uygulama tohumlara petri kaplarında bakteri emdirilmesi ile başlatılmıştır. Daha sonra farklı konsantrasyonlarda (6, 9 ve 12 dS/m) tuz uygulanmış bitkiler hasat edilerek büyüme özellikleri bakımından incelenmiştir. Sonuçta bakteri uygulanan gruplarda kontrollerine kıyasla kök ve gövde uzunluğu ile taze ağırlıklarda artış meydana geldiği bildirilmiştir (Kausar ve Shahzad 2006).





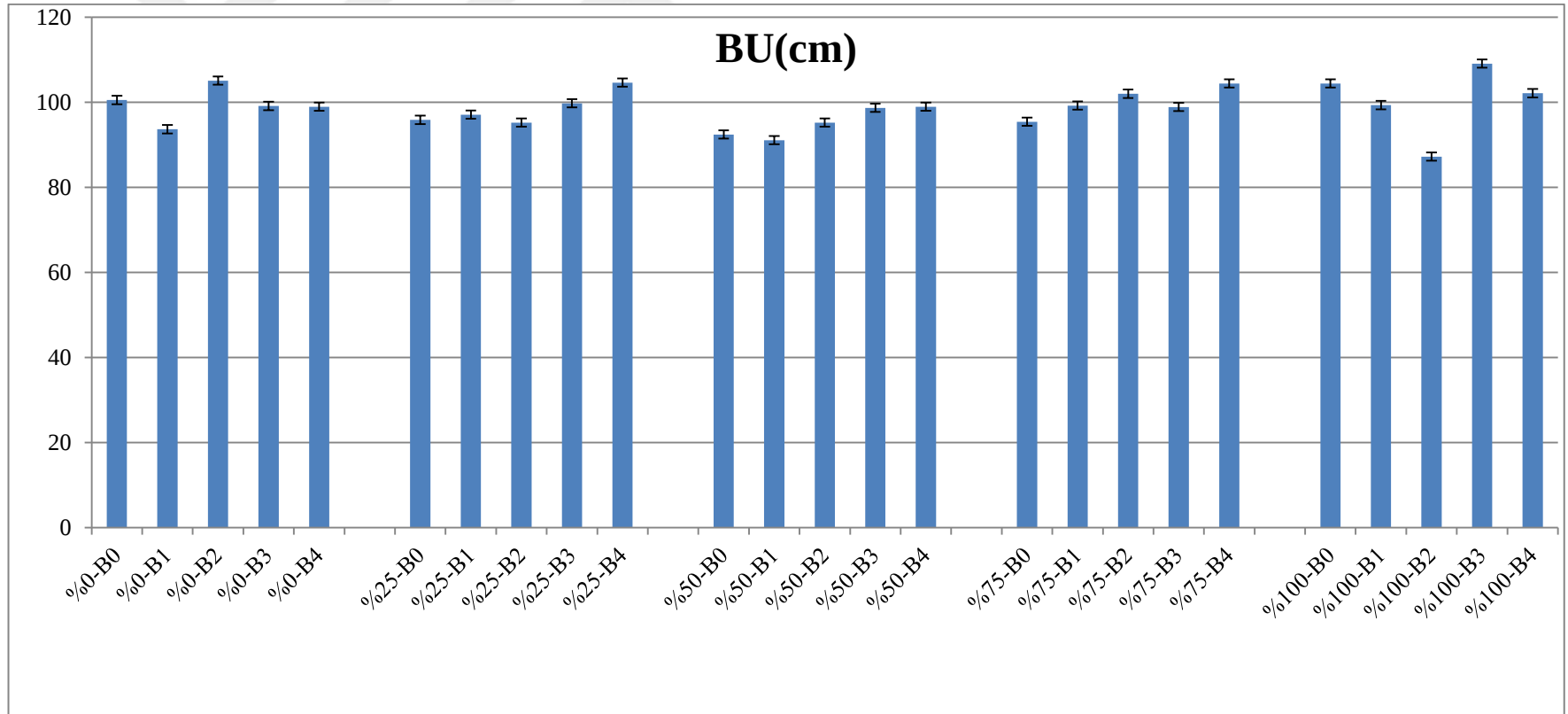
Şekil 4.2 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki ağırlığı üzerine etkisi ($p < 0,05$)

4.2.2 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin uzunluğu üzerine etkisi

Bakteri- gübre kombine uygulamalarının bitki uzunluğu açısından incelendiği zaman bitki uzunlukları 87,233cm ile 105,10cmm arasında değişmektedir. En yüksek uzunluk 105,100cmm ile %0-B2(İAA sentezlediği düşünüle bakteri) olurken en düşük değer 87,233 ile %100-B2 uygulaması olduğu görülmektedir. Ancak sonuçlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli görülmemektedir.($p<0,05$). Verilere ait sonuçlar şekil 4.3 ' de görülmektedir.

Üç farklı rizobakter (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* ve *Azotobacter vinelandii*) uygulamasının tuzlu koşullar altında yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisine etkileri araştırılmıştır. Uygulanan 3 farklı tuz konsantrasyonu (0, 35 ve 70 mM NaCl) bakımından bitkilerin büyüme parametreleri kontrollerine göre karşılaştırılmıştır. Kontrolüne kıyasla her iki tuz uygulamasında (35 ve 70 mM) bitki uzunluğunu en fazla *Azotobacter vinelandii* artırmışken, *Pseudomonas fluorescens*'in 35 mM NaCl uygulamasında artış gösterdiği, 75 mM tuz uygulamasında ise önemli bir artışa neden olmamıştır. *Pseudomonas putida* ise her iki tuz uygulamasında da bitki uzunluğunda önemli bir artışa neden olmadığı görülmüştür. Sap çapı bakımından en iyi artışı *Pseudomonas fluorescens* gösterirken, kuru ağırlık ve yaprak yüzey genişliği açısından en fazla artışı ise *Azotobacter vinelandii* göstermiştir (Abd El-Ghany vd. 2015)

Ekinci vd. (2006), farklı bakteri uygulamalarının kırmızı lahana (*Brassica oleracea* L. var. *rubra*)'da bitki gelişimi ve verimi üzerine yaptıkları çalışmada *Burkholderia gladii* ve *Acinetobacter calcoaceticus* bakterilerini kullanılmış, pazarlanabilir verim, ortalama baş ağırlığı, ortalama dış yaprak sayısı, baş çapı, baş yüksekliği, gövde çapı gövde uzunluğu ve % kuru madde parametreleri incelenmiştir. Ortalama dış yaprak sayısı, gövde çapı ve % kuru madde bakımından uygulamaların etkisinin önemsiz olduğu tespit edilirken, diğer parametreler üzerinde uygulamaların önemli derecede etkili olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak bakteri uygulamalarının kontrole kıyasla bitki gelişimi ve veriminde önemli derecede etkili olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 4.3 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki uzunluğuna etkisi ($p < 0,05$)

4.2.3 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin toplam azot içeriği üzerine etkisi

Toplam azot bakımından gübre dozları ve bakteri uygulamalarına göre ortalamalar Şekil 21’ de verilmiştir. Şekil’ 23 incelediği zaman, bitkideki toplam N(%) oranı % 0,707 ile % 1,254 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bakteri-Doz uygulamalarında en yüksek azot değeri % 1,254 ile % 100-B2 (7 numaralı N fiksasyonu yapabildiği düşünülen bakteri) gübre uygulamasında görülürken en düşük azot değeri ise % 0,70 ile kontrol yani %0-B1 uygulamasında görülmüştür. Gübre uygulamalarında bakteri dozları arasında farklar incelendiğinde en yüksek azot içeriği B2 (7 Numaralı bakteri) numaralı bakteri uygulamasında görülmektedir. B2 bakteri uygulaması ise en yüksek N oranına % 100 gübre uygulamasında sahipken ikinci olarak en yüksek azot oranına % 50 gübre uygulamasında sahip olduğu görülmektedir. Genel olarak bütün gruplar kontrol grubu (% 0-B0) ile kıyaslandığında artan oranlarda farklılık olduğu gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.1 Sera denemesinde uygulanan doz ve bakteri uygulamalarının mısır bitkisinin N içeriğine etkisi

Uygulama	DOZ N				
	%0	%25	%50	%75	%100
B0	0,746Bc	0,742Ac	0,817Bc	1,106Aa	0,939Bb
B1	0,707Bc	0,768Ac	0,887ABb	0,808Bbc	1,207Aa
B2	0,738Bd	0,799Acd	0,939Ab	0,882Bbc	1,254Aa
B3	0,860Abc	0,790Ac	0,935Ab	1,075Aa	0,917Bb
B4	0,773ABd	0,834Acd	0,918ABbc	1,036Aa	1,014Bab
F Değeri	Doz	56,466*			
	Uygulama	2,136 ^{6d}			
	Uygulama x Doz	7,767*			

Çizelge 4.1 incelendiği zaman B1 ve B2 uygulanmış koşullarda özellikle % 50 ve üzerindeki uygulama dozlarında bitki N içeriğindeki artışların istatistiksel açıdan önemli

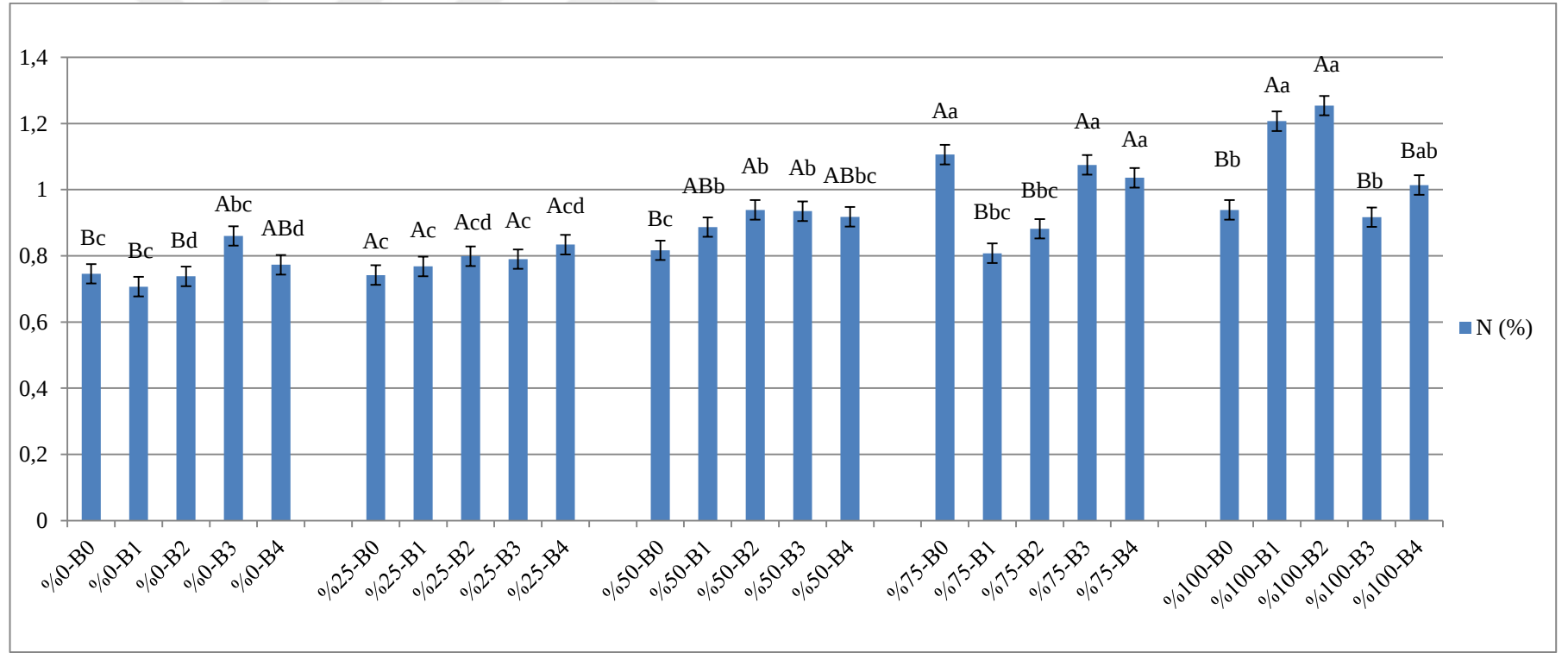
olduğu görülmektedir. Bakterisiz (B0) koşullarında da aynı olan bu eğilim, bitki N içeriğindeki değişmelerin PGPR uygulamasından ziyade artan gübre dozunun etkisi olduğuna işaret etmektedir. Diğer yandan B3 ve B4 uygulanmış koşullarda % 50 ve % 100 (ideal gübreleme düzeyi) arasında fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ve ayrıca % 75 uygulama dozunda belirlenen bitki N düzeyi, % 100 uygulama dozunda kaydedilen düzeyden daha yüksektir. Bu durum, B3 ve B4 uygulanmış koşullarda ideal gübrelemenin yarısı düzeyinde yapılan gübrelemede (% 50) dahi ideal gübreleme (% 100) ile aynı etkinin sağlandığına işaret etmektedir. Bir diğer dikkat çekici nokta ise % 75 düzeyinde gübreleme yapılmış ve B3 ile B4 uygulanmış koşullarda bitki N içeriği, % 100'lük uygulama düzeyinde kaydedilen bitki N içeriğinden daha yüksektir ($p<0,05$). Bu tespitleri ışığında siderofor-IAA sentezleyen B3 ile bütün izolatların karışımından oluşan B4 uygulamalarının düşük girdili koşullarda bitki gelişimini daha fazla desteklediği söylenebilir. .

Azot diğer canlılarda olduğu gibi bitkiler içinde temel besin kaynağıdır. Toprak kökenli bakterilerin bitki gelişimini teşvik ettiği yapılan çalışmalarla bilinmektedir. Wu vd. (2005), iki farklı mikoriza fungusu (*Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices*) ile azot bakterisi (*Azotobacter chroococcum*), fosfor çözücü bakteri (*Bacillus megaterium*) ve potasyum çözücü bakteri (*Bacillus mucilaginous*) karışımının mısır bitkisinde bitki gelişimi ve toprak özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre *G. mosseae* ve 3 bakteri karışımı olan biyogübre uygulaması mısırdaki en yüksek kuru madde ve bitki boyunu vermiştir. Ayrıca biyogübre uygulamaları organik ve kimyasal gübre uygulamalarına göre aynı sonuçları vermiştir. Mikrobiyal aşılama sadece bitkide toplam N, P ve K içeriğini artırmakla kalmamış aynı zamanda toprakta organik madde ve toplam N gibi toprak özelliklerini de iyileştirmiştir.

Ullah vd. (2015), fitoremediasyon ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, fitoremediasyonun diğer seçenekler arasında en güvenli, en inovatif ve en etkili teknik olduğunu, fitoremediasyon etkinliğini artırmada PGPR'lerin kullanabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmada PGPR'lerin bitki gelişimini ve biyokütle oluşumunu, fosfor çözünürlüğünü artırarak, azot fikse ederek, demir alımını artırarak, hormon ve ACC deaminaz üretmek suretiyle artırdıkları rapor edilmiştir. Turan vd. (2010), iki farklı lokasyonda (Erzurum

ve İspir) azotu bağlayan ve fosfatı çözebilen PGPR'ların yalnız ve kombinasyon halinde uygulamaları ile buğdayda bazı verim parametrelerine ve besin içeriğine etkilerini araştırmışlardır. İzolatların bölge koşullarındaki etkinliği hiç uygulama yapılamayan kontrol, tam ve yarı dozda azot uygulaması ile karşılaştırma yaparak değerlendirilmiştir. Yaptıkları çalışma sonucuna göre buğday üretiminde izolatların karışım halinde uygulaması ile suni gübreleme oranının %50 düşürülebileceğini ifade etmişlerdir.





Şekil 4.4 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki N içeriğine etkisi ($p < 0,05$), küçük harfler uygulamalar arasında ki istatistiksel farklılığı gösterirken büyük harfler gübre dozları arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir

4.2.4 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor(p) içeriği üzerine etkisi

Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor içeriği üzerine etkisi şekil 4.5’ de incelendiği zaman bitkinin P değerleri 1,574 g/kg ile 0,812 g/kg arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek değer 1,574 g/kg ile %100-B1(İAA ve siderofor sentezlendiği düşünülen bakteri uygulaması) uygulamasında elde edilirken en düşük değer 0,812 g/kg ile % 0-B0 (0 bakteri uygulaması) uygulamasında görülmüştür.

Genel olarak gübre-PGPR uygulamalarının bitkinin P içeriği üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p < 0.05$).

Yapılan pek çok çalışma fosfor çözen bakterilerin deneysel ve arazi koşullarında bitki gelişmesi/verimi/ vs üzerine olumlu etkisi olduğunu göstermiştir (Şahin vd. 2004, Turan vd. 2007). Diğer yandan bu durumun aksini idda eden sonuçlar da mevcuttur. PGPR bakteriler toprakta çözünebilir fosforun miktarını artırmakla kalmayıp aynı zamanda, çözünebilir durumda bulunan fosforun toprakta fikse ve/veya adsorbe olmasını da engellemektedir (Khan ve Joergesen 2009).

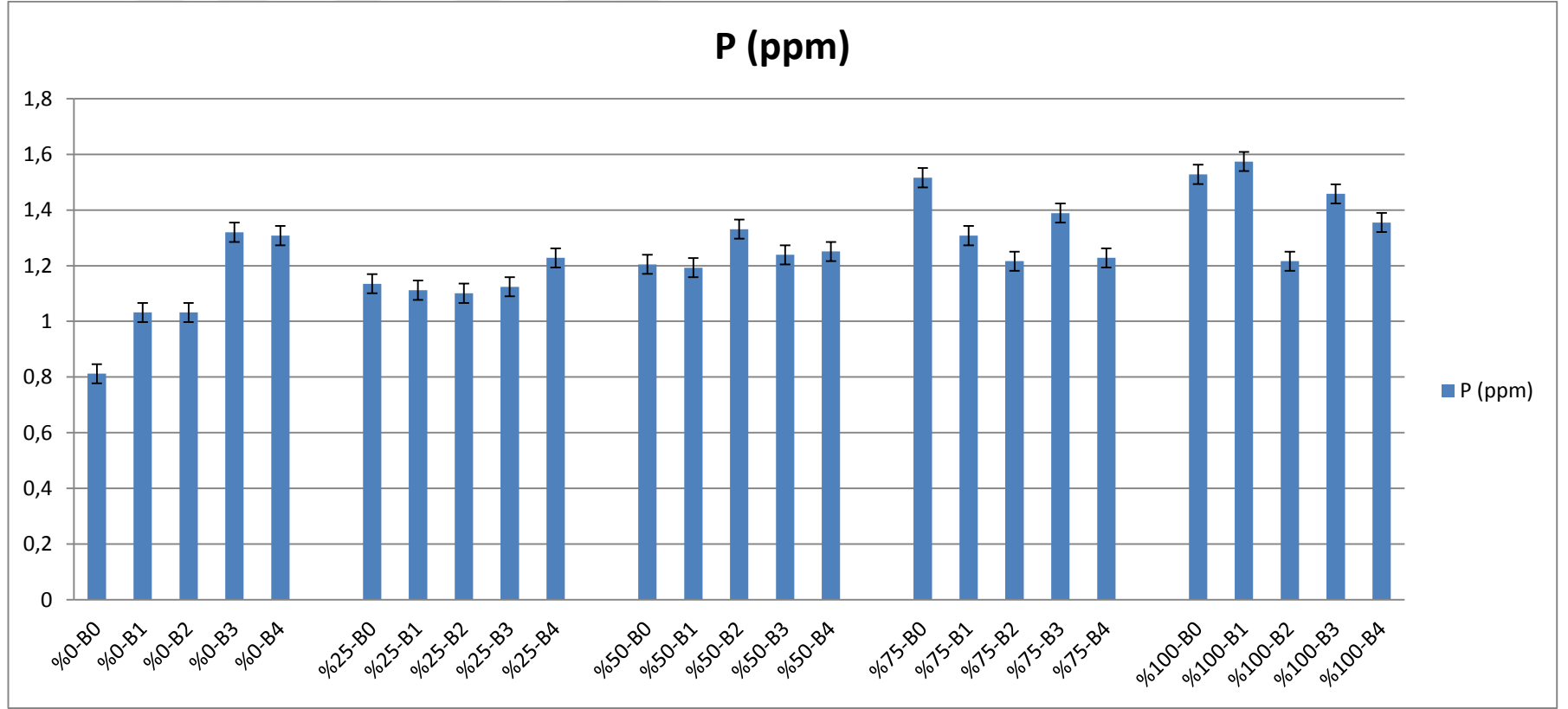
PGPR bakteri uygulaması ile fosforlu gübre kullanımının %50 oranında azaltılmasında bile ürün miktarında herhangi bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir (Jilani vd. 2007, Yazdani vd. 2009).

Kudzin ve Yaroshevich (1963) yaptıkları diğer bir çalışmada, fosfor bakterilerinin ilavesinin, kontrole nazaran kışlık buğday mahsulünde dekara 22 kg. mısır mahsulünde ise 23 kg lık bir artış sağladığını belirtmektedir. Mishustin ve Naumova (1962) Sovyetler Birliği ve diğer başka ülkelerde yapılan çalışmalarda azotobakter ve fosfobakterin tarla bitkilerinin verimini genellikle % 10-13 den fazla arttırmadığını ve bazı hallerde ise tamamen tesirsiz kaldığını kaydetmektedir.

Enkina (1962), yağ bitkileri ve mısır bitkisinde verimi artırmada fosfobakterinin etkisiz kaldığını gözlemlemiş ancak bunun *Bac. megaherium* ile topraktaki aktinomiset ve mantarlar arasındaki antagonizmin neden olduğunu bildirmiştir.

Cooper (1959), fosfobakterinin Özbekistan'daki pamuk sahasında tesirsiz kalmasına karşılık Güney Ukrayna'da ki çernozye topraklarda etkili olmasının bu toprakların organik fosfor bileşiklerince zengin olmasının neden olduğunu yazmaktadır.

Smith vd. (1961), Birleşik Amerika'da sera şartlarında, fosfobakterinin tesirini incelemek için domates ve buğday bitkileri üzerinde iki deneme yapmışlardır. İlk denemede bakteri ilavesinin domates mahsulünü kontrole nazaran % 7.5 oranında arttırdığı, buğday bitkisinde ise etkisiz olduğu, ikinci denemede ise her iki mahsul de önemli derecede tesir etmediği bildirilmiştir.



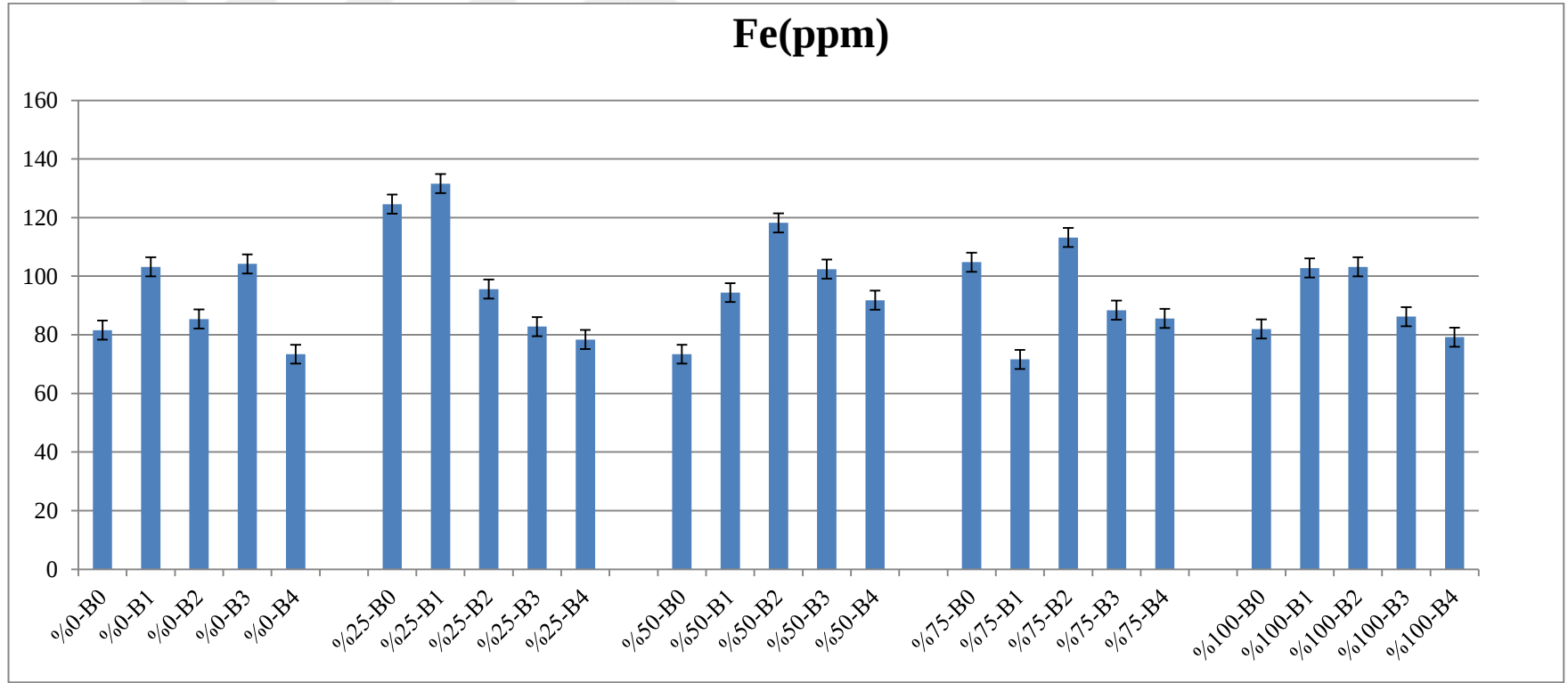
Şekil 4.5 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki P içeriğine etkisi ($p < 0,05$)

4.2.5 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin mikro element demir (fe) içeriğine etkisi

Farklı gübre-PGPR kombine uygulamalarının mısır bitkisinin Fe içeriğine etkisi şekil 23' de gösterilmektedir. Şekil 4.6 incelendiği zaman bitkinin demir içeriği 71,6 ppm ile 131,6 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. En düşük P içeriği 71,6 ppm ile % 75-B1 grubu olurken en yüksek değer 131,6 ppm ile 25-B1 (hem İAA hem de siderofor sentezlediği düşünülen bakteri) uygulaması olmuştur. 5 farklı uygulamanın arasındaki oranlar farklı oranlarda artırmıştır ancak istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($p<0,05$)

Kireçli topraklarda, toprak çözeltisinin yüksek pH' ısı ve tamponlama kapasitesi nedeniyle pek çok bitkinin Fe alımını engellediği bu nedenle de bu tarz topraklarda Fe'nin mevcudiyeti çok düşük olduğu bilinmektedir. Bu tür topraklarda yetişen bitkiler, ciddi Fe eksikliği göstermektedir. Yapılan çalışmalar gösteriyor ki PGPR demir alımını artırarak bitki verimliliğini artırmaktadır. (Marschner vd. 1986).

Bitki gelişimini destekleyen bakterilerin ürettikleri siderofor ile Fe kompleksleri oluşturduğu ve bu nedenle bitkilerin Fe alımında önemli rol aldığı bildirilmektedir (Neilands 1995).

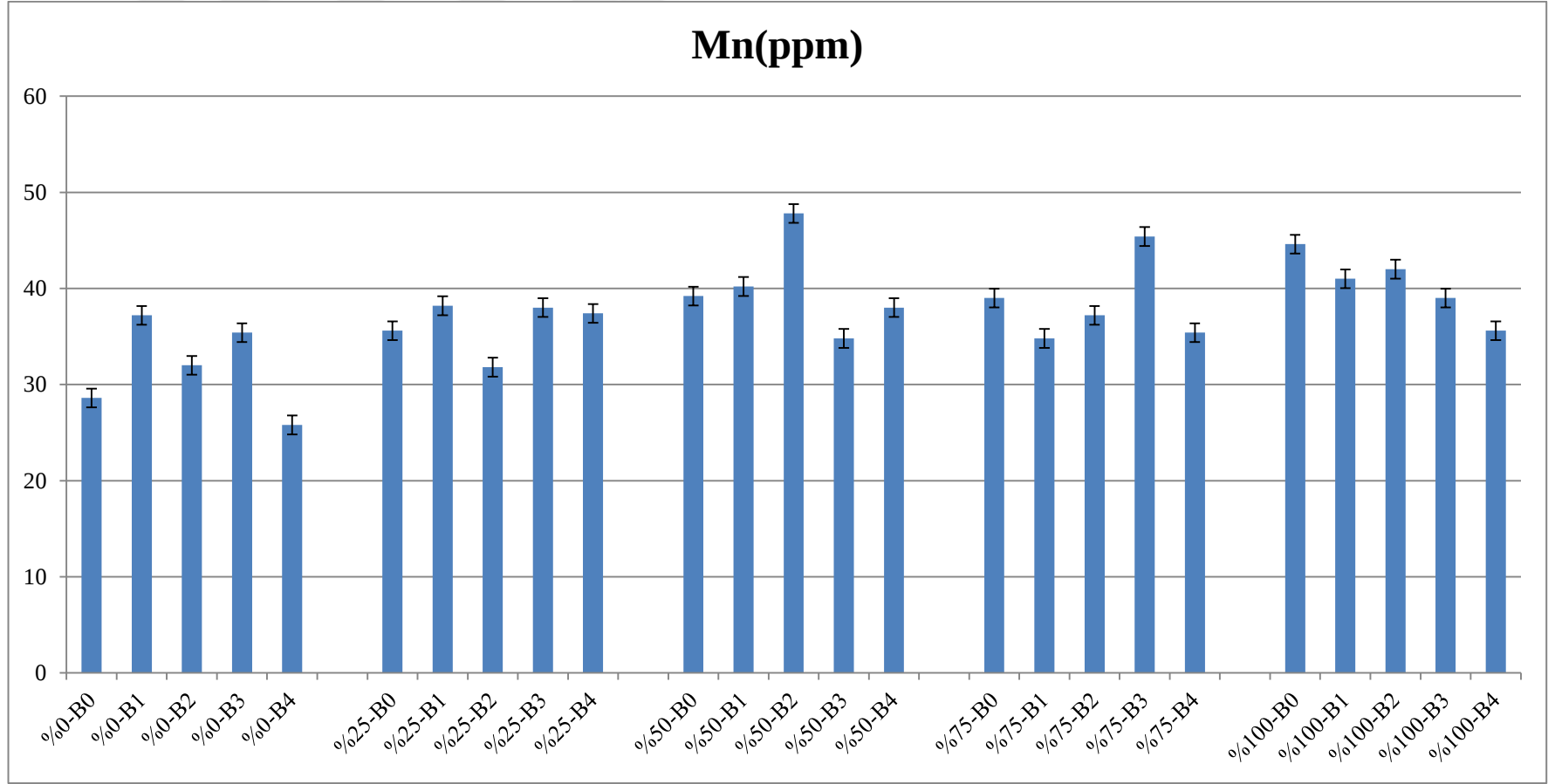


Şekil 4 4.6 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki Fe içeriğine etkisi($p<0,05$)

4.2.6 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin mangan(mn) içeriği üzerine etkisi

Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin mangan içeriği üzerine birlikte etkisinin denendiği denemeden elde edilen veriler şekil 4.7’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiği zaman bitkinin Mn değerleri 25,8 ppm ile 47,8 ppm arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek Mn içeriği 47,8 ppm ile % 50-B2 (N fiksasyonu yapabildiği düşünülen bakteri uygulaması) uygulaması olurken en düşük Mn içeriği 25,8ppm ile % 0-B4(seçilen 3 bakterinin kombinasyonu) uygulamasında görülmektedir. Denemede uygulanan gübre-PGPR uygulamalarının bitkideki Mn içeriğine olan etkisi incelendiğinde uygulamaların birbirleri arasında farklılıklar istatistiksel olarak önemli olmadığı gösterilmektedir ($p<0,05$)

Seymen vd. (2013) yaptıkları çalışmada, farklı bakteri uygulamalarının hıyarın besin elementi içeriği üzerine etkileri belirlenmeye çalışmışlar ve N-52/1, N-17/3, FE-43, F-21/3, 637 Ca, MfdCa1 ve kontrol olmak üzere toplam yedi bakteri uygulaması yapmışlar ve Sonuç olarak, farklı bakteri uygulamalarının sera hıyar yetiştiriciliğinde verim ve topraktan besin elementi alınımı üzerine farklı etkileri bulunmuş, FE-43 ve N-17/3 bakteri uygulamaları verim yönünden olumlu sonuçlar ortaya koymuşlardır. MFDCa1 bakteri uygulaması kireçli topraklarda etkinliğini göstermiş olup makro besin elementlerinin topraktan alınımını artırmıştır. Fe içeriğine N-17/3, B içeriğine MFDCa1 bakteri uygulamaları olumlu sonuçlar verirken, Mn ve Zn yönünden olumsuz sonuçlar verdiği bildirilmiştir.



Şekil 4.7 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki Mn içeriğine etkisi

4.2.7 Farklı gübre-pgpr kombine uygulamalarının mısır bitkisinin çinko(zn) içeriği üzerine etkisi

Farklı gübre-PGPR kombine uygulamalarının mısır bitkisinin çinko içeriği üzerine birlikte etkisinin denendiği denemeden elde edilen verilerin sonuçları şekil 4.8’ de gösterilmektedir. elde edilen veriler sonucunda gübre-PGPR uygulamalarının bitkideki çinko oranı 0 ppm ile 8,6 ppm arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bakteri-Doz uygulamalarında en yüksek çinko değeri 8,6 ppm ile % 100-B4 (kombine bakteri uygulaması) gübre uygulamasında görülürken en düşük çinko değeri ise 0ppm ile % 0-B2, % 25-B0, % 50-B2, % 75-B1, % 75-B2, % 100-B3 uygulamalarında görülmüştür.

Çizelge 4.2 Sera denemesinde uygulanan doz ve bakteri uygulamalarının mısır bitkisinin Zn içeriğine etkisi

Doz					
Bitkide Zn (ppm)					
UYGULAMA	0%	25%	50%	75%	100%
B0	0,467Aa	0Ba	1,47Aa	0,200Ba	3,73Ba
B1	4,0Aab	5,20Aa	1,40Aab	0,00Bb	0,267Bb
B2	0,00Ab	2,20ABa	0,00Ab	0,00Bb	2,87Bab
B3	3,00Aab	0,533Bb	0,060Ab	5,800Aa	0,00Bb
B4	4,53Aab	1,27ABb	1,00Ab	2,27ABb	8,533Aa
F Değeri	doz	1,576 ^{öd}			
	Uygulama	2,337 ^{öd}			
	Uygulama x doz	2,577*			

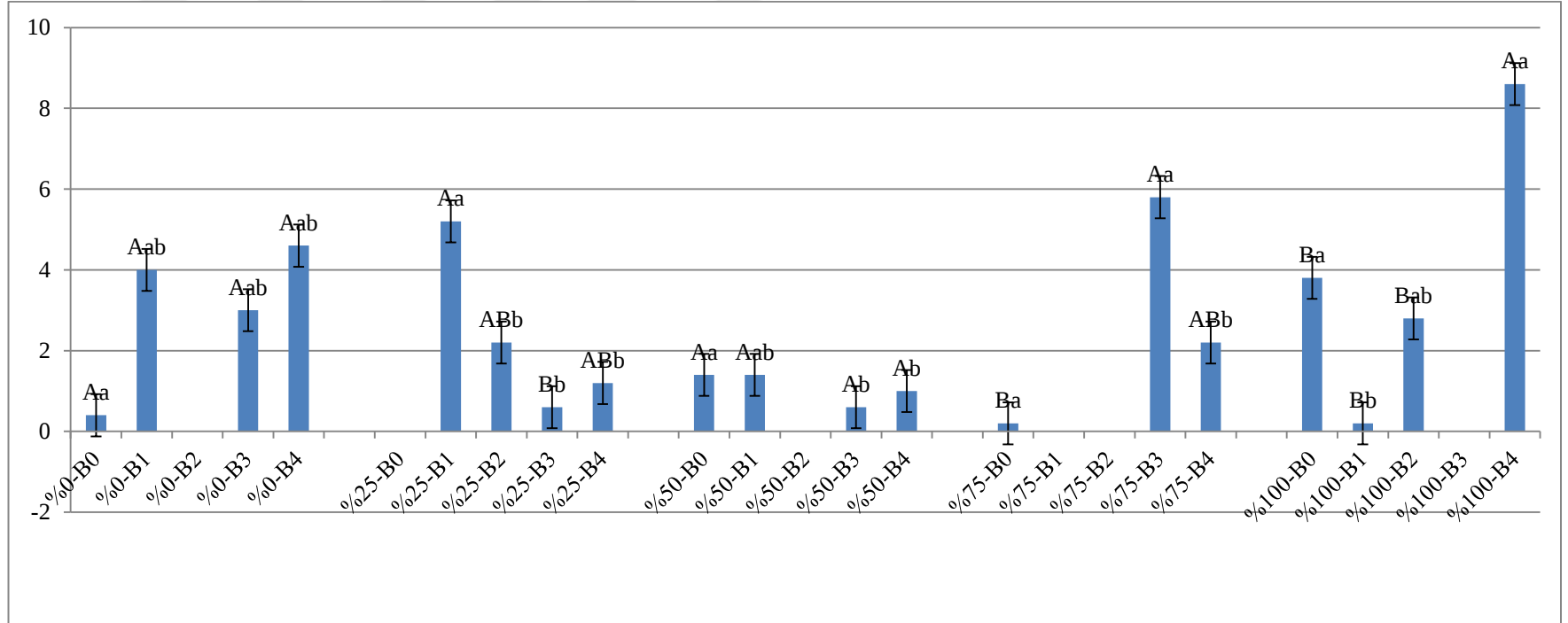
Denemede uygulanan gübre-pgpr uygulamalarının bitkideki çinko oranları bakımından incelendiğinde birbirleri arasında oransal farklılıklar istatistiksel olarak önemli derecede farklılık bulunduğu çizelge 4.2’de gösterilmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.2 incelendiği zaman kontrol grubu uygulama yani B0 uygulamasının farklı dozda ki gübre uygulamalarında istatistiksel bir farklılık görülmemiştir. B1 (İAA) uygulamasında ise en yüksek sonucu 5,20 ppm ile % 25 gübre uygulamasında

görülmüş ve % 0 ile % 50 gübre uygulamaları arasındaki istatistiksel fark önemli olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca % 25 gübre dozu ile % 75 ve % 100 gübre uygulaması arasında ki farklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ancak kendi aralarında ki farklılıklar istatistiksel olarak önemi bulunmamıştır. B2(N fiksasyonu yapan bakteri) uygulaması en yüksek sonucu 2,87 ppm ile % 100 gübre dozunda görülmüştür. Ayrıca B2 uygulaması % 100 ile % 25 gübre dozlarında arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak diğer gübre dozları ile arasındaki farklılık da istatistiksel olarak önemli olduğu görülmekte ve kendi aralarında ki farklılıklar yine istatistiksel olarak önemli görülmemektedir. B3 (P çözebilen bakteri) uygulamasında ise en yüksek sonucu % 75 gübre uygulamasında görülmüştür. % 75 ve % 0 dozları arasında B3 uygulamasının neden olduğu farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmakta ancak diğer dozlar arasında ki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunurken B3 uygulamasının % 25, % 50, % 100 gübre uygulamaları arasında ki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. B4(kombine bakteri uygulaması) uygulamasında ise en yüksek sonuç 8,533 ppm ile % 100 gübre uygulamasında görülmüştür ve % 100 uygulaması ile % 0 gübre dozu arasındaki B4 uygulamasının neden olduğu fark istatistiksel olarak önemsiz görülmekte ancak diğer tüm gübre uygulamalarının arasındaki farklılıklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca B4 uygulamasının % 25, % 50, % 100 gübre uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Ağır metaller ile kirlenmiş topraklardan seçilen PGPR ve AMF nin yonca gelişimine etkisini incelemek için yapılan denemede, AMF ile PGPR olan *Brevibacillus*, bitki yaş ağırlığını % 18 den % 35'e ve besin maddesi içeriğini (N, P, Zn ve N içeriğini) arttırdığı ve Cd'nin topraktan bitkiye taşınımını % 37,5 azalttığı bildirilmektedir (Vivas vd. 2003).

Eşitken vd. (2006), PGPR'lerin *Pseudomonas* BA-8 ve *Bacillus* OSU 142 izolatlarının besin içeriği üzerine etkilerini araştırmışlar. Çalışmada Konya koşullarında 0900 Ziraat kiraz çeşidi kullanılmış. *Pseudomonas* BA-8, *Bacillus* OSU 142 izolatları ve BA-8 + OSU142, BA-8 + OSU 142 uygulamasının N, P, K içeriği ve Fe ve Zn içeriğini arttırdığı; BA-8 ve OSU 142, Mn içeriğini arttırdığı bildirilmiştir



Şekil 4.8 Farklı gübre ve bakteri uygulamalarının bitki çinko içeriğine etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada Davutoğlu Kuş Cenneti vadilik alanda yetişen *S. grandis* bitkisinin rizosfer bölgesinden alınan toprak örnekleri kullanılarak laboratuvar koşullarında izole edilen toprak bakterileri çeşitli PGPR analizlerine tabii tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 3 bakteri seçilmiş ve farklı dozlarda amonyum nitrat ve KH_2PO_4 gübresi ile birlikte mısır bitkisine sera koşullarında uygulanmıştır.

Elde edilen verilere göre bakteri-gübre uygulamaları bitkinin fosfor, demir, mangan ve bitki uzunluğu ile bitki ağırlığına etki etmezken bitkinin azot ve çinko içeriği üzerine yaptığı etki önemli bulunmuştur. En yüksek azot oranı % 100 gübre uygulaması ile birlikte B2(N fiksasyonu yapabilen bakteri) uygulamasında görülmüştür, B2 uygulaması ikinci en yüksek azot oranına % 50 gübre dozu ile birlikte uygulandığında göstermiştir. Elde edilen veriler sonucunda kontrol grubuyla kıyaslandığı zaman genel olarak artan oranlarda sonuç göstermiştir. Çinko açısından bakıldığında ise en yüksek oran % 100 gübre uygulaması ile B4(3 bakterinin birlikte uygulandığı uygulama) uygulamasında görülmüştür.

Bütün veriler genel olarak incelendiği zaman izole edilen bakterilerin özellikle B2 uygulamasının PGPR olarak belirli dozda kimyasal gübre ile birlikte bitkiye uygulandığı zaman bitkide olumlu sonuçlar gösterdiği gözlemlenmekte ve biyogübre olarak kullanım potansiyeli bulunmaktadır. Bu denemedeki sonuçlara göre uygulanan bakterilerin tarla koşullarında uzun zamanlı araştırma ve bitki gelişimi üzerine olacak etkileri belirlemeye gerek bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd El-Ghany, T.M., Masrahi, Y.S., Mohamed, A., Abboud, A., Alawlaqi, M.M. and Elhussieny, N.I. 2015. Maize (*Zea mays* L.) growth and metabolic dynamics with plant growth-promoting rhizobacteria under salt stresses. *J Plant Pathol Microb.*, 6 (9), 1-9.
- Acuña, J.J., Jorquera, M.A., Martínez, O.A., Menezes-Blackburn, D., Fernández, M.T., Marschner, P., Greiner, R. and Mora, M.L. 2011. Indole acetic acid and phytase activity produced by rhizosphere bacilli as affected by pH and metals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 11(3): 1-12.
- Ahmad, M., Zahir, Z. A., Nazli, F., Akram, F., Arshad, M. and Khalid, M. 2013. Effectiveness of halo-tolerant, auxin producing *Pseudomonas* and *Rhizobium* strains to improve osmotic stress tolerance in mung bean (*Vigna radiata* L.), *Brazilian Journal of Microbiology*, 44 (4), 1341-1348.
- Akış, A., Kayta, B., Seferov, R. ve Başkan, H.O. 2003. Harran Ovası ve çevresindeki tarım arazilerinde tuzluluk problemleri ve bu problemin iklim özellikleriyle ilişkisi. *Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14: 21-38.
- Annapurna, K., Ramadoss, D., Vithal, L., Bose, P. and Sajad 2011. PGPR bioinoculants for ameliorating biotic and abiotic stresses in crop production. *Proceedings of the 2nd Asian PGPR Conference, Beijing, China*, pp: 67-72.
- Anonymous. 1976. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No: 29, Rome.
- Anonymous. 2009. Effects of rhizobacteria on plant growth, yield and nutrient uptake of vegetables grown in perlite. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=TR2011000319>
- Anonymous. 1999. USDA, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. <http://soils.usda.gov/sqi/files/kitcover.pdf>.
- Anonymous. 1990. AOAC, In: Helrich, K. (Ed.), Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC, Washington, DC.
- Aydınlı, G. and Mennan, S. 2016. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) from greenhouses in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(5): 675- 685.
- Bashan, Y., Holguin, G. and Lifshitz, R. 1993. Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria. In Glick, B. R. & Thompson, J. E. [Eds.] *Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 331-45.
- Bayraklı, F. 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214 s.
- Blum, A. 1985. Breeding crop varieties for stress environments *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2: 199-238.

- Chinnusamy, V., Jagendorf A. and Zhu, J.K. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci* 45(2): 437–48. doi: 10.2135/ crops2005.0437
- Cooper, R. 1959. Baeterial fertilizers in the Soviet Union, *Soils and Fertilizers*. Vol. XXII P. 327-333.
- Delen, Y., Gürbüz, B., Uyanık, M. ve Palalı, S. 2013. Farklı bakteri aşılama yöntem ve dozlarının çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)’in verim ve bazı morfolojik özellikleri üzerine etkileri. X. Tarla bitkileri kongresi, Konya.
- Dutta S. and Podile A.R. 2010. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. *Critical Reviews in Microbiology* 36(3): 232–244.
- Egamberdiyeva, D. and Höflich, G. 2004. Effect of plant growth-promoting bacteria on growth and nutrient uptake of cotton and pea in a semi-arid region of Uzbekistan. *Journal of Arid Environments* 56: 293–301.
- Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M. and Gahin, F. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. *Scientia Horticulturae*, 110: 324–327.
- Ekinci, M. ve Dursun, A. 2006. Sebze yetiştiriciliğinde malç kullanımı. *Derim Dergisi*, Batem Yayınları, 23(1); 20-27,
- Enkina, O.V. 1962 Use of phosphobaeterin on Ciscaueasion leached ehernozom. *Soils Fertilizers abst.* 25: 462.
- Eruz, E. 1979. Toprak Tuzluluğu Ye Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi.
- Gholami, A. and Nezarat, S. 2009. Screening Plant Growth Promating Rhizobacteria for Improving Seed Germination, seedling Growth and Yield of Maize. *Pakistan Journal of Biological sciences* 12(1): 26-32.
- Hamaoui, B., Abbadi, J., Burdman, S., Rashid, A., Sarig, S. and Okon, Y. 2001. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. *Agronomie EDP Sciences*. 21(6-7): 553-560.
- Hussein, M.I., Asghar, N.H., Akhtar, J.M. and Arshad, M. 2013. Impact of phosphate solubilizing bacteria on growth and yield of maize. *Soil and Environment* 32 (1): 71.
- Jilani, G., Akram, A., Ali, R.M., Hafeez, F.Y., Shamsi, I.H., Chaudhry, A.N. and Chaudhry, A.G. 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizosphere microflora through organic and biofertilizers. *An. Microbiol.* 57, 177– 183.
- Kanber, R., Kırdar, C. ve Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.
- Ryota, K., Güneri, E., Tugay, O.C., Yaprak, A.E., Sevilir, B. and Başköse, İ. 2017. Sodium-resistant plant growth-promoting rhizobacteria isolated from a

- halophyte, *Salsola grandis*, in saline-alkaline soils of Turkey. *Eurasian J. Soil Sci.* 6 (3): 216-225.
- Kausar, R. and Shahzad, S.M. 2006. Effect of ACC-deaminase containing rhizobacteria on growth promotion of maize under salinity stress. *J. Agri. Social Sci.*, 2: 216-218.
- Khan, K. S. and Joergensen, R.G. 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. *Bioresour. Technol.* 100:303-309.
- Kloepper, J.W., Lifshitz, K. and Zablotowicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol* 7, 39–43.
- Kloepper, J.W., Leong, L. and Schroth, M.N. 1980b. Enhanced plant growth by siderophores produced by PGPR. *Nature*, 268, 885–886.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N. and Miller, T.D. 1980a. Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology*, 70, 1078–1082.
- Kotuby, J., Koenig, R. and Kitchen, B., 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03., Utah.
- Kudzin, Y. K. and Yaroshevich, J. V. 1963. Use of phosphobac- 150 terin in the c. chernozem 20ne, *Soils Fertilizers abst.* 26: 115.
- Kumar, G. K. M., and Ram, R. 2014. Phosphate Solubilizing Rhizobia Isolated from *Vigna trilobata*. *African Journal of Microbiology Research* 2(3):105-109.
- Marschner, H., V. Romheld, and V. Kissel. 1986. Different strategies in higher-plants in mobilization and uptake of iron. *J. Plant Nutr.* 9: 695-713.
- Mishustin, E. N. and Naumova, A.N. (1962) Bacterial fertilizers, their effectiveness and mechanism of action. *Soils Fertilizers abst.* 25: 382.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu Rev Plant Biol* 59:651–81. doi:10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
- Neilands, J. B. 1995. Siderophores: structure and function of microbial iron transport compounds. *J. Biological Chem.* 270: 26723-26726.
- Öztürk, A., Çağlar, O. and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166, 1-5.
- Paul, D. and Nair, S. 2008. Stress adaptations in a Plant Growth Promoting Rhizobacterium (PGPR) with increasing salinity in the coastal agricultural soils. *Journal of Basic Microbiology*, 48, 378-384.
- Perveen, S., Khan, M.S. and Zaidi, A. 2002. Effect of rhizospheric microorganisms on growth and yield of greengram (*Phaseolus radiatus* L.). *Indian Journal of Agriculture Science*, 72, 421-423.

- Pikovskaya, R.I. 1948. Mobilization of phosphorus in soil in connection with the vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya* 17: 362-370.
- Rodriguez R. and Redman R. 2008. More than 400 million years of evolution and some plants still can't make it on their own: plant stress tolerance via fungal symbiosis. *J Exp Bot* 59(5):1109–14. doi:10.1093/ jxb/erm342.
- Saharan, BS. and Nehra, V. 2011. Plant growth promoting Rhizobacteria: A Critical Review. *Life Sciences and Medicine Research*, Volume 2011: LSMR-21.
- Salantur. A., Öztürk, A., Akten, S., Şahin, F. and Dönmez. F. 2005. Effect of inoculation with nonindigenous and indigenous Rhizobacteria of Erzurum (Turkey) origin on growth and yield of spring barley, *Plant Soil* 275:147-156, doi:10.1007/s11104-005-8094-z.
- Seymen, M., Türkmen, Ö., Dursun, A., Dönmez, M.F. and Paksoy, M. 2010. Effects of Bacterium Inoculation on Yield and Yield Component Cucumber (*Cucumis sativus*). *Bulletin UASVM Horticulture*, 67(1): 274-277.
- Sharifi, R.S., Khavazi, K. and Gholipouri, A. 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1(3), 076-083.
- Smith, J. H., Allison F. E. and Soulides D.A. 1961. Evaluation of phosphobacterin as a soil inoculant. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25: 109-111.
- Sönmez, B. ve Beyazgül, M. 2008. Türkiye’de tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahı ve yönetimi. *Toprak Gübre ve Su kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, teknik Yayın No:33*, Ankara.
- Sultana, T. and Pindi, P.K. 2013. Assesment of PGPR bacteria of cotton fields, *International Journal of Agricultural Science and Research* 3 (1), 207-216.
- Şahin, S. 2008. Nohut genotiplerinin (*Cicer arietinum* L.) farklı azot dozları ve bakteri aşılması koşullarında azot kullanım etkinliklerinin belirlenmesi. *Doktora Tez*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Tester, M. and Davenport, R. 2003 Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann Bot* 91(5): 503–27. doi:10.1093/aob/mcg058.
- Tıprıdamaz, R. ve Duman, H. 2010. “Tuz Gölü Çevresindeki Bazı Endemik Halofit Bitkilerin Ekofizyolojisi”, TÜBİTAK Proje Raporu, 123-127.
- Turan, M., Gulluce, M., Cakmakci, R., Oztas, T., Sahin, F., Gilkes, R.J. and Prakongkep, N. 2010. The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world*, Brisbane, Australia, pp:209-212.
- Uzun, O. 2014. Erciyes üniversitesi Seyrani ziraat fakültesi deneme alanı topraklarına biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) fosforlu gübre kullanım etkinliği üzerine etkisi. *Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I. and Li, C. 2010, Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton, *European Journal of Soil Biology*, 46 (1), 49-54.
- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H. and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). *World Acad. Sci. Engine Technol.* 49, 90–92.
- Yildirim, E., Donmez, M.F. and Turan, M. 2008. Use of bioinoculants in ameliorative effects on radish plants under salinity stress, *Journal of plant nutrition*, 31 (12), 2059-2074.
- Yurtseven, E., Öztürk, H., Demir, K. ve Kasım, M.U. 2001. Sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3): 1-8.

EK 1 Varyans Analiz Tablolar

Çizelge 1 Sera Denemesinde Farklı Gübre- Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Ağırlığı Üzerine Olan Etkisine Ait Varyans Analiz Sonucu

VK	SD	KO	F	ÖD
Doz	4	14,265	4,260	0,005*
Uygulama	4	3,369	1,006	0,413 ^{öd}
Doz x Uygulama	16	2,247	0,67	0,808 ^{öd}
HATA	50	3,349		

Çizelge 2 Sera Denemesinde Farklı Gübre- Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Ağırlığı Üzerine Olan Etkisine Ait Varyans Analiz Sonucu

VK	SD	KO	F	ÖD
Doz	4	0,245	56,466	0,000*
Uygulama	4	0,009	2,136	0,090 ^{öd}
Doz X Uygulama	16	0,034	7,767	0,000*
Hata	50	0,004		

Çizelge 3 Sera Denemesinde Farklı Dozda Gübre ve Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisinin P (ppm) İçeriği Üzerine Etkisine Ait Varyans Analiz Sonucu

VK	SD	KO	F	ÖD
Doz	4	0,270	7,282	0,000*
Uygulama	4	0,033	0,894	0,474 ^{öd}
Doz x Uygulama	16	0,057	1,545	0,121 ^{öd}
HATA	50	0,037		

Çizelge 4 Sera Denemesinde Farklı Gübre- Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisi Fe (ppm) İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonucu

VK	SD	KO	F	ÖD
Doz	4	600,487	0,606	0,660 ^{öd}
Uygulama	4	1121,791	1,131	0,352 ^{öd}
Doz x Uygulama	16	680,547	0,686	0,793 ^{öd}
HATA	50	991,620		

Çizelge 1.5 Sera Denemesinde Farklı Gübre- Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisi Mn (ppm) İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonucu

VK	SD	KO	F	ÖD
Doz	4	185,206	4,351	0,004*
Uygulama	4	44,042	1,035	0,399 ^{öd}
Doz x Uygulama	4	50,146	1,178	0,317 ^{öd}
HATA	50	42,564		

Çizelge 1.6 Sera Denemesinde Farklı Gübre- Bakteri Uygulamalarının Mısır Bitkisi çinko (ppm) İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonucu

VK	SD	KO	F	ÖD
Doz	4	10,100	1,576	0,195 ^{öd}
Uygulama	4	14,977	2,337	0,068 ^{öd}
Doz x Uygulama	16	16,516	2,577	0,006*
HATA	50	6,409		

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Duygu BOZDOĞAN

Doğum Yeri : TUNCELİ

Doğum Tarihi : 02/12/1990

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : 75. Yıl Lisesi (2007)

Lisans : Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Anabilim Dalı (2014)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı (Şubat 2015 – Mart 2019)