

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**KAYSERİ VE YÖRESİNDE BAKLAGİL
TOPRAKLARINDAN BİTKİ GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ
ÖZELLİKTE BAKTERİLERİN İZOLASYONU,
TANIMLANMASI, MOLEKÜLER
KARAKTERİZASYONU VE BAZI SEBZELERDE
UYGULANMASI**

Hazırlayan
Emel ÜNLÜ

Danışmanlar
Prof. Dr. Halit YETİŞİR
Prof. Dr. Semih YILMAZ

Doktora Tezi

Şubat 2025
KAYSERİ

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**KAYSERİ VE YÖRESİNDE BAKLAGİL
TOPRAKLARINDAN BİTKİ GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ
ÖZELLİKTE BAKTERİLERİN İZOLASYONU,
TANIMLANMASI, MOLEKÜLER
KARAKTERİZASYONU VE BAZI SEBZELERDE
UYGULANMASI**
(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Emel ÜNLÜ

Danışmanlar
Prof. Dr. Halit YETİŞİR
Prof. Dr. Semih YILMAZ

**Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FDK-2021- 11088 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

Şubat 2025
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Emel ÜNLÜ

İmza

“Kayseri ve yöresinde baklagil topraklarından Bitki Gelişimini Teşvik Edici özellikle bakterilerin izolasyonu, tanımlanması, moleküler karakterizasyonu ve bazı sebzelerde uygulanması” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Emel ÜNLÜ

1.Danışman

Prof. Dr. Halit YETİŞİR

2. Danışman

Prof. Dr. Semih YILMAZ

Bahçe Bitkileri ABD Başkanı

Prof. Dr. Ercan YILDIZ

TEŞEKKÜR

On dört yıllık meslek hayatım sonrasında, 2014 yılında yüksek lisansa başladığım günden, bugüne kadar geçen on yıllık süreçte yüksek lisans ve doktora öğrenimim boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen bana her zaman destek olan sayın danışman hocam Prof. Dr. Halit YETİŞİR'e,

2019'da doktora tez döneminden itibaren bana laboratuvar, ekipman ve malzemelerini sınırsız kullandıran ve beni her zaman destekleyen yeni bir alanda yetiştiren, güvenen, bilimsel birikimi ile beni aydınlatan sayın danışman hocam Prof. Dr. Semih YILMAZ'a,

Tez izleme komitemde yer alarak, doktora eğitimim süresince hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen hocalarım; Erciyes Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Fatih HANCI ve Erciyes Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Adem GÜNEŞ' e,

Danışman hocamın Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde çalışmalarım esnasında kullandığım Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarındaki ekip arkadaşlarıma her türlü yardım ve desteklerinden dolayı; Büşra GÜN, Fatoş Şevval YÜKSEL, Necip ERASLAN ve Enise YAZICI'ya,

Erciyes Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı laboratuvar çalışmalarında desteğini ve bilgisini esirgemeyen, bana her konuda manevi desteğini eksik etmeyen Dr. Öğretim Üyesi Akife Dalda ŞEKERCİ'ye

Tez çalışmamı FDK-2021-11088 numaralı proje ile destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinatörlüğüne,

Varlıkları ile bana her daim büyük güç veren, bana her zaman sabır içerisinde destek olan, maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen aileme başta değerli eşim Timuçin ÜNLÜ olmak üzere, çocuklarım Ahmet M. Urungu ÜNLÜ ve Göktuğ İlbey ÜNLÜ' ye saygı ve sevgiyle teşekkürlerimi sunarım.

Emel ÜNLÜ Şubat 2025, KAYSERİ

**KAYSERİ VE YÖRESİNDE BAKLAGİL TOPRAKLARINDAN BİTKİ
GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ ÖZELLİKTE BAKTERİLERİN İZOLASYONU,
TANIMLANMASI, MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU VE BAZI
SEBZELERDE UYGULANMASI**

Emel ÜNLÜ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi, Şubat 2025

1.Danışman: Prof. Dr. Halit YETİŞİR 2.Danışman: Prof. Dr. Semih YILMAZ

ÖZET

Baklagil yem bitkileri köklerinde bitkinin bünyesindeki rhizobia gibi proteobakteriler bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı Kayseri ve yöresindeki topraklardaki Rizobiyal izolatların genetik çeşitliliğini belirlemektir. İzolatların genetik çeşitliliği tür düzeyinde DNA analizi, 16S rRNA ve MALDI-TOF yöntemi ile belirlenmiştir. Bakteri suşlarından 55 tanesi iki yöntemle de *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Lysinibacillus*, *Acinetobacter* ve *Enterobacter* türleri olarak tanımlanmıştır. Yeni nesil dizileme teknikleri ile türlerden 24 tanesi NCBI'a yüklenmiştir. 16S rDNA sekans analizi sonuçları gen bankasındaki verilerle % 98-100 oranında homoloji göstermiştir. İzolatlar arasındaki filogenetik ilişkilerde belirlenmiştir. Yapılan PCR analizleri ile bakterilerin asitfosfataz, potasyum, IAA, Siderefor, ACC Deaminase, fitaz genlerini bulunduran suşları belirlenmiştir. PGPR özelliği gösteren izolatların domates ve karpuzda bitki gelişimine etkisi belirlenmiştir. Bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, gövde yaş-kuru ağırlığı, kök yaş-kuru ağırlığı, ana kök uzunluğu ve çiçeklenme zamanı parametreleri incelenmiş, kontrol bitkilerine kıyasla önemli düzeyde arttırdığı ve en yüksek etkinin domateste 3 numara *B. thuringiensis*, 7 numara *B. thuringiensis*, *B. megaterium*, ve *Bacillus spp.* türlerinin ırkları ile oluşturulan karışımda olduğu tespit edilmiştir. Karpuzda ise 3 numaralı *B. thuringiensis*, 6 numara *B. megaterium* ve 8 numara *Bacillus spp.* türlerinin ırkları öne çıkmıştır. Sonuçlar kontrole göre uygulanan tüm bakteriler için tüm bitki parametrelerinde kontrolden daha yüksek değerler elde edilmiş ve 8 gün erken çiçeklenme gösterdiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: PGPR, 16S rRNA, MALDI-TOF, Kayseri, *Solanum lycopersicum* L., *Citrullus lanatus* L.

ISOLATION, IDENTIFICATION, MOLECULAR CHARACTERIZATION OF PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA FROM LEGUME SOILS IN KAYSERİ AND ITS REGION AND APPLICATION ON SOME VEGETABLES

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

PhD Thesis, February 2025

Supervisor: Prof. Dr. Halit YETİŞİR Supervisor: Prof. Dr. Semih YILMAZ

ABSTRACT

Proteobacteria, including rhizobia, are found in the roots of leguminous forage plants. The objective of this study was to determine the genetic diversity of rhizobial isolates present in the soils of Kayseri and its surrounding regions. The genetic diversity of the isolates was determined at the species level through the use of DNA analysis, 16S rRNA sequencing, and MALDI-TOF methods. 55 of the bacterial strains were identified as *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Lysinibacillus*, *Acinetobacter*, and *Enterobacter* species through both methods. 24 of these isolates were selected for 16S rDNA sequencing through next-generation sequencing and the sequences were uploaded to the NCBI. The results showed 98-100% homology when compared with the data in the GenBank. Phylogenetic relationships among the isolates were determined. PCR analyses found these bacterial strains carry genes for acid phosphatase, potassium, IAA, siderophore, ACC, and phytase. The effectiveness to tomatoes and watermelons was evaluated. Parameters such as plant height, stem diameter, leaf number, stem fresh/dry weight, root fresh/dry weight, primary root length, and flowering time were examined, showing significant increases compared to control plants. The most effective treatment on tomatoes was observed in mixtures that included strains No. 3 *B. thuringiensis*, No. 7 *B. thuringiensis*, *B. megaterium*, and *Bacillus* spp. In watermelons, treatments No. 3 *B. thuringiensis*, No. 6 *B. megaterium*, and No. 8 *Bacillus* spp. stood out as the most effective. The results demonstrated that the application of bacterial isolates in this study yielded superior values in all plant parameters compared to the control and showed flowering 8 days earlier.

Keywords: PGPR, 16S rRNA, MALDI-TOF, Kayseri, *Solanum lycopersicum* L., *Citrullus lanatus* L.

İÇİNDEKİLER

KAYSERİ VE YÖRESİNDE BAKLAGİL TOPRAKLARINDAN BİTKİ GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ ÖZELLİKTE BAKTERİLERİN İZOLASYONU, TANIMLANMASI, MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU VE BAZI SEBZELERDE UYGULANMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu	11
1.2. Araştırmanın Amacı	11
1.3. Araştırmanın Önemi.....	11
1.4. Literatür Çalışması	12
1.5. Bakterilerin tanımlanması ile ilgili çalışmalar	47

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal ve Yöntem.....	53
2.1.1. Araştırma Yerinin Konumu ve Özellikleri	53
2.1.2. Toprak Örneklerinin Alınması.....	55
2.1.3. Topraktan Bakteri İzolasyonu	56
2.1.4. DNA İzolasyonu ve PCR Analizi	59
2.1.5. Bakteri İzolatlarının 16S Dizi Analizi ve MALDI-TOF ile Analizi....	63

2.1.6. İzolatların Morfolojik ve Fizyolojik Karakterizasyonu	65
2.1.6.1. Bakteri İzolatlarının Azot Çözme Özelliğinin Belirlenmesi.	66
2.1.6.2. Bakteri İzolatlarının Fosforu Çözme Özelliğinin Belirlenmesi	66
2.1.6.3. Bakteri İzolatlarının Potasyum Çözme Özelliğinin Belirlenmesi	67
2.1.7. Saksı Denemesi.....	67
2.1.8. Bitkisel Verilerin İstatistiksel Analizleri;.....	75

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1.Toprak Örneklerinin Alındığı Lokasyonlar ve Bitki Türleri	76
3.2. Toprak Örneklerinin Analizi ve Bakteri Suşları	79
3.3. Bakterilerde İki Farklı Yöntemle Tür Tanımlanması	95
3.4. Azot Bağlayan Bakteri Suşları.....	104
3.5. Potasyumu Çözen Bakteri Suşları	106
3.6. Fosforu Çözen Bakteri Suşları.....	108
3.7. Saflaştırılan Bakteri Suşlarının Gram Boyaması Sonuçları;	112
3.8. Seçilen Suşların Bitkisel Gelişime Etkileri	115
3.8.1. Domates	115
3.8.1.1. Domates Bitkisinde Toplam Kök Uzunluğu, Toplam Kök Hacmi, Ortalama Kök Çapı.....	138
3.9. Karpuzda Bitki Boyu	143
3.10. Karpuzda Gövde Çapı	146
3.11. Karpuzda Yaprak Alanı	148
3.12. Karpuzda Yaprak Sayısı.....	149
3.13. Karpuzda Gövde Yaş- Kuru Ağırlığı	151
3.14. Karpuzda Çiçeklenme Gün Sayısı.....	153
3.15. Karpuzda Kök yaş-Kuru ağırlık	155
3.16. Karpuzda Bitkisinde Toplam Kök Uzunluğu, Toplam Kök Hacmi ve Ortalama Kök Çapı	158

4 BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler	162
KAYNAKÇA.....	166
ÖZGEÇMİŞ	222



KISALTMALAR

(NH ₄) ₂ SO ₄	: Amonyum sülfat
°C	: Santigrat derece
16S rRNA	: 16S ribozomal RNA
ABA	: Absisikasit
ACC	: 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit
APX	: Askorbat peroksidaz
As	: Arsenik
BG	: Biyolojik Gübre
Bt	: Bacillus thuringiensis
Ca	: Kalsiyum
CaCO ₃	: Kalsiyum karbonat
CAT	: Katalaz
Cd	: Kadmiyum
cm	: Santimetre
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
da	: Dekar
dk	: Dakika
DNA	: Deoksiriboz nükleik asit
dNTPmix	: Deoksiribonükleotid mix
dS m ⁻¹	: Sulama Suyu Tuz Konsantrasyonu
ESI	: Elektrospray iyonizasyon
FAO	: Food and Agriculture Organization
Fe	: Demir
GA	: Giberellikasit
gr	: Gram
GR	: Glutasyon redüktaz
H	: Hidrojen
H ₂ O	: Su
HCl	: Hidroklorik Asit
HCN	: Hidrojen siyanür

Hg	: Civa
IAA	: Indol- 3- asetik asit
IBA	: İndol - 3 Bütirik Asit
K	: Potasyum
L	: Litre
LB	: Luria Bertani
M	: Molar
m	: Metre
MALDI-TOF MS	: Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization- Time of Flight MassSpectrometry)
mg	: Miligram
MIS	: Mikrobiyal Tanılama Sistemi
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
Mn	: Mangan
N	: Azot
NA	: Nutrient Broth Agar
NB	: Nutrient Broth
NBRIP-BPB	: National Botanical Research Institutes's Phosphate Growth Medium)
NCBI	: National Center for Biotechnology Information.
Ni	: Nikel
Nm	: Nanometre
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
PCR	: Polymerase Chain Reaction- Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PGPR	: Bitki Gelişimini Arttıran Kök Bakterileri
ppm	: Milyonda bir parça
PVK	: Pikovskaya medyum
RFLP	: Restriksiyon fragmenti uzunluk polimorfizmi
rpm	: Dakikada dönüş/devir sayısı
SAS	: Statistical Analysis Software

SÇKM	: Suda çözünen kuru madde
SOD	: Süperoksit dismutaz
sp.	: Tür
spp.	: Türler
Taq DNA	: Thermits aquaticus polimeraz deoksiriboz nükleik asit
TSBA	: Tryptic Soy Broth Agar
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
v	: Hacim
ve ark.,	: Ve arkadaşları
w	: Ağırlık
Zn	: Çinko
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Farklı fitohormon üretimi yapan bitki gelişimini uyaran kök bakterileri.....	26
Tablo 2. PGPR özelliklerini belirlemede polimeraz zincir reaksiyonunda kullanılan pirimerler, karışım oranları, erime sıcaklıkları ve çözeltiler.....	62
Tablo 3. PCR çalışmalarında kullanılan primerler, bant büyüklüğü ve referanslar	63
Tablo 4. Saksı denemesinde kullanılan suşlar ve PCR sonuçlarına sahip oldukları gen sayıları.....	69
Tablo 5. Saksı denemesinde kullanılan toprağın kimyasal analiz sonuçları.....	69
Tablo 6. Toprak örneklerinin il, ilçe, konum ve bitki türleri	77
Tablo 7. Ana kültürden saflaştırılan petri sayıları	80
Tablo 8. DNA izolasyonu yapılan suşlar	82
Tablo 9. Stok bakteri listesi ve alındığı tarihler (2021)	83
Tablo 10. PCR Analizi sonuçlarına göre beş genin bakteri suşlarında bulunma durumları.....	85
Tablo 11. Bruker Daltonik MALDI Biotyper'ile tanımlanan bakteri suşları ve tür isimleri	96
Tablo 12. NCBI kod numaraları ile kayıt yapılan bakteri suşları ve aktif gen bölgeleri.....	102
Tablo 13. Azotsuz ortamda gelişen bakteri suşları.....	105
Tablo 14. Potasyumu çözen bakteri suşları.....	107
Tablo15. Mikro plaka okuyucuda sayı değerleri.....	110
Tablo 16.Tanımlanan bakteri suşlarının gram pozitif / negatif olma durumları ve etki mekanizmaları	113
Tablo 17. Domateste bakteri uygulamalarının bitki boyuna etkisi.....	117
Tablo 18. Domateste bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisi.....	122
Tablo 19. Domateste bakteri uygulamalarının yaprak alanına etkisi	125
Tablo 20. Domateste bakteri uygulamalarının yaprak sayısına etkisi	128
Tablo 21. Domateste bakteri uygulamalarının Sürgün (Gövde + Yaprak) yaş ağırlığı etkisi.....	130

Tablo 22. Domateste bakteri uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı etkisi	131
Tablo 23. Domateste çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı	132
Tablo 24. Domateste bakteri uygulamalarının kök yaş ağırlığı etkisi	135
Tablo 25. Domateste bakteri uygulamalarının kök kuru ağırlığına etkisi.....	136
Tablo 26. Domateste bakteri uygulamalarının toplam kök uzunluğuna etkisi.....	140
Tablo 27. Domateste bakteri uygulamalarının toplam kök hacmine etkisi.....	141
Tablo 28. Domateste bakteri uygulamalarının ortalama kök çapına etkisi.....	141
Tablo 29. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının bitki boyuna etkisi.....	144
Tablo 30. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisi.....	147
Tablo 31. Karpuz bitkisi yaprak alanına etkisi.....	148
Tablo 32. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının yaprak sayısına etkisi	150
Tablo 33. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının gövde yaş ağırlığına etkisi.....	152
Tablo 34. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının gövde kuru ağırlığına etkisi.....	152
Tablo 35. Karpuzda çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı bitkisi çiçeklenme gün sayısı verileri	154
Tablo 36. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının kök yaş ağırlığına etkisi.....	156
Tablo 37. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının kök kuru ağırlığına etkisi.....	156
Tablo 38. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının toplam kök uzunluğuna etkisi..	159
Tablo 39. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının toplam kök hacmine etkisi.....	160
Tablo 40. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının ortalama kök çapına etkisi.....	160

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünya domates üretim verileri	7
Şekil 2. Dünya karpuz üretim verileri	9
Şekil 3. Örneklerin alındığı iller ve örnek sayıları.	54
Şekil 4. Baklagil yem bitkileri olan Macar fiği	55
Şekil 5. Toprak örneklerinin alınması ve saklanması.	56
Şekil 6. Topraktan bakteri izolasyonu ve ana kültürün elde edilme aşamaları.	57
Şekil 7. Ana kültürden bakteri saflaştırma aşamaları.	57
Şekil 8. Saflaştırılan bakteri suşlarının stoğa alınması.	58
Şekil 9. DNA izolasyonu aşamaları.	61
Şekil 13. Bakteri izolatlarının Gram boyama işlemi.....	65
Şekil 16. Saksı denemesi toprak hazırlığı, tohumla bakteri inokulasyonu ve saksılara tohumların ekilmesi.	70
Şekil 21. Karpuzda tohumla	74
Şekil 25. AC Phosphatase primeri PCR Jel görüntüsü.	91
Şekil 26. Fitaz primeri PCR jel görüntüsü.	92
Şekil 27. ACC Deaminase primeri PCR jel görüntüsü.	93
Şekil 28. IAA primeri PCR jel görüntüsü.	94
Şekil 29. Bakteri suşlarının 16S jel görüntüleri.....	95
Şekil 30. PCR ürünleri %1 agaroz içeren jel ve 16S rDNA gen bölgesini içeren DNA fragmentleri;	103
Şekil 33. K çözme analizi sonucu pozitif sonuç gösteren bakteriler A) Pozitif sonuç, B) Zayıf pozitif sonuç, (-) Negatif sonuç.	107
Şekil 34. NBRIP-BPB sıvı besi ortamında fosfor çözme sonuçları. Açık renk: çözen; Koyu renk: çözemeyen.....	109
Şekil 35. Mikro plaka okuyucuda sayı değerlerin alınması.	109
Şekil 36. Saflaştırılan izolatların Gram boyama sonuçları. Pozitif (mor renkli) ve negatiflik (pembe renkli) durumu.	112

GİRİŞ

Ülkemiz, coğrafi konumu, toprak yapısı ve iklimden dolayı sebzeçilik için dünyadaki en uygun tarım alanlarından biridir. Ayrıca birçok sebzenin ana vatanı ve gen merkezidir. Dünyada nüfusun hızla artmasıyla sanayileşme hızlanmış bu da çevre sorunlarına sebep olmuştur. Mevcut tarım alanlarımızın bir bölümü erozyon, çoraklaşma, turizm ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi ile kullanılamaz duruma gelmiştir. Dünya nüfusunun hızla artması ihtiyacı ve erişimi daha önemli bir konuma taşımıştır (Aksoy, 2001; Glick, 2012). Bu beklenti ile tarımsal üretimde elde edilmek istenen verim artışları, daha kaliteli ürün almak temel hedef olarak belirlenmiştir (Dursun ve ark., 2010). Dünya genelinde üreticiler, tarımsal üretimdeki verimi artırmak ve hastalık ile zararlılarla mücadele etmek amacıyla yoğun ve çoğu zaman bilinçsiz bir şekilde pestisit ve kimyasal gübre kullanımına yönelmektedir. Ancak bu durum, toprak verimliliğini ve biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyerek topraktaki yararlı mikroorganizmaların faaliyetlerini azaltmış, patojen ve zararlı popülasyonlarının artmasına yol açmıştır. Ayrıca, bu etmenlerin tarımsal ilaçlara karşı direnç geliştirme riski de önemli ölçüde yükselmiştir. Tüm bu faktörler, doğal dengenin bozulmasına ve insan, hayvan ve çevre sağlığının ciddi tehdit altına girmesine neden olmuştur (Akman ve Kara, 2001). Kimyasal gübre ve pestisitlerin yoğun kullanımı, bitkisel ürünlerde pestisit kalıntılarının birikmesine yol açmaktadır. Bu durum, özellikle ihracatta ekonomik kayıplara ve itibar zedelenmesine neden olurken, iç pazarda ise büyük marketlerde ürünlerin satışını kısıtlayan başlıca sorunlardan biri haline gelmiştir (Tosun ve ark., 2003).

Tarımsal üretimde istenilen kalite ve miktarda ürün elde edebilmek için toprak verimliliğini, bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddeleri seviyesinde erişilebilir tutmak büyük önem taşımaktadır. Bitkilerin besin elementi ihtiyacını karşılamak amacıyla uygulanan temel tarımsal yöntemlerden biri de gübrelemedir. Gübrelemenin temel hedefi, bitkinin büyüme süreci boyunca ihtiyaç duyduğu besin maddelerini kök

bölgesinde hazır ve ulaşılabilir durumda tutmak, toprağın organik madde içeriğini ve mikrobiyal aktivitesini artırarak bitkinin her gelişim evresinde yeterli beslenmesini sağlamaktır (Zengin, 2007).

Topraktaki mikroorganizmalar, bir flora topluluğu olarak varlıklarını sürdürürler. Hayatta kalabilmek için toprakta bulunan karmaşık organik maddeleri parçalayarak kendilerine karbon kaynağı sağlarlar. Bu parçalanma süreci sonucunda ortaya çıkan basit organik bileşikler, bitkiler tarafından besin kaynağı olarak alınır ve bitki gelişiminde önemli bir rol oynarlar (Şahin ve ark., 2004).

Tarımsal üretimde birim alandan sağlanan verimi, imkanlar dahilinde en yüksek düzeye çıkarmak için, toprağın ihtiyacının olduğu oranda gübreleme yapılmalı ve uygulaması yapılan besin elementlerinin bitkinin ihtiyacı olduğu gelişim döneminde yararlı formda bulundurulması gerekmektedir (Emrebaş, 2010). Özellikle azotlu gübreler ve fosforlu gübreler gibi toprakta tutunur, toprağın tamponlama gücüne sahip olmasından kaynaklı fosfor ve potasyumun fark edilmemekte ve eksikliği düşünülerekde dahada fazla verilmektedir. Toprakların biyolojik, kimyasal ve fiziksel yapısını düşünmeden yapılan bilinçsiz gübreleme uzun dönemde olumsuz etkisini göstermektedir. Bu da önemli bir sorun olan çevre kirliliğini doğurmaktadır. Özellikle aşırı miktarlarda potasyum ve sodyum içeren gübreler, toprak tekstürü üzerine olumsuz etkiler yapmaktadır. Yetiştiriciliğe başlamadan önce toprak analizi yapmadan gübrelerin yüksek miktarlarda kullanılması sebebi ile topraklarda toksik maddeler, ağır metaller ve kullanım dışı kalan elementler birikmektedir (Aksoy ve Altındışlı, 1998). Bu durum da hem gübrelerin etkin olarak kullanılamamasına, hem de verimin düşük olmasına neden olarak çiftçinin maddi kayıplar yaşamasına sebep olmaktadır. Bununla da kalmayarak, yanlış gübreleme uygulamaları sebebiyle toprakta uyum içinde bulunan mikrobiyal faunayı ve mikroorganizma popülasyonunu olumsuz etkilemekte, bitki patojenlerinin toprakta baskın hale gelmesine ve pozitif yönde artışına sebep olmaktadır. Ayrıca direnç gelişimine neden olmaktadır (Vessey, 2003; Er, 2009).

Azot ve fosfor kaynaklı gübreler tarımsal üretimde yetiştiricilerin en fazla kullandığı kimyasallardır. Nedeni ise azot ve fosfor elementleri bitki gelişmesini ve alınan ürün miktarını azaltan ya da arttıran en elzem besin elementleridir (Metha ve Nautiyal, 2001). Bitkinin topraktan aldığı besinler arasında azot, büyük oranda aminoasitlerin,

proteinlerin, klorofilin, nükleik asitlerin ve birçok vitaminin sentezi için gereklidir. Bitki dokularında karbonun ardından en bol bulunan ikinci elementtir (Müftüoğlu ve Demirer, 1998; Whitehead, 2000).

Atmosfer azotunun temel kaynağı havadaki %78 azot olarak görülebilir. Atmosferde bol miktarda azot bulunmasına rağmen, bitkiler bu serbest azotu doğrudan kullanamazlar (Boşgelmez ve ark., 2001). Bitkilerin azottan faydalanabilmesi için atmosferdeki azotun ya endüstriyel süreçlerle işlenerek, ya da biyolojik yollarla toprağa bağlanarak kullanılabilir forma dönüştürülmesi gerekir. Endüstriyel azot fiksasyonu, yüksek enerji ve iş gücü gereksinimi, maliyetli üretim süreçleri ve çevre kirliliği gibi önemli sorunlara yol açmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1997). Azotlu gübrelerin hammaddelerinin kömür, nafta ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan elde edildiği düşünüldüğünde, kimyasal azotlu gübrelerin tarımsal üretim maliyetlerini önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Buna karşılık, biyolojik azot fiksasyonu daha sürdürülebilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bazı mikroorganizmalar (bakteriler, funguslar ve mavi-yeşil algler) nitrogenaz enzimi yardımıyla düşük enerji harcayarak atmosferik azotu bitkilerin kullanabileceği formlara dönüştürebilmektedir (Özturan ve Akman, 2017).

Tarımsal ve bitkisel üretimde biyolojik uygulamalar içinde en önemli olanlardan biri, rizosferde yaşayan ve bitki gelişimi üzerinde olumlu etkiler sağlayan kök bakterileridir. Bu bakteriler, bitkilerin generatif ve vejetatif gelişimini destekledikleri için “Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler” (Plant Growth Promoting Rhizobacteria - PGPR) olarak adlandırılmaktadır (Altın ve Bora, 2005).

PGPR'lar, bitkilerin kök aktivitelerini artırarak besin elementi alımını destekler. Bu bakteriler, havada bulunan serbest azotu toprağa bağlayarak bitkiler için kullanılabilir hale getirirler. Ayrıca, toprak yapısını iyileştirerek bitkiler için uygun bir çevre oluştururlar. Fosfataz, fitaz ve C-P liyaz gibi enzimler üretmeleri sayesinde toprakta bitkilerin kullanmadığı fosfatı kullanılabilir forma dönüştürürler. Potasyum çözme yetenekleri de toprak verimliliğini artırarak bitkilerin daha sağlıklı büyümesini sağlamaktadır (Mason D’Croz ve ark., 2019; Babalola ve ark., 2021).

Son dönemde yapılan araştırmalar, PGPR’ların hem bitki gelişimini teşvik etmek, hem de biyolojik mücadele aracı olarak etkili bir şekilde kullanıldığını ve bu alanda başarılı sonuçlar alındığını ortaya koymuştur (Nandakumar ve ark., 2001; Ongena ve ark., 2004;

Ryu ve ark., 2004; Jehtonen, 2009). PGPR'lar, bitki köklerindeki mikroflora yapısını değiştirerek bitkileri abiyotik ve biyotik stres faktörlerine daha çok direnç sağlamasına katkıda bulunurlar. Ayrıca, büyümede etkili olan hormonları (örneğin, indol asetik asit ve etilen) üzerinde etkili olarak, besin maddesi alımını artıran çeşitli mekanizmalar sunarlar. Bunun yanı sıra, kök gelişimini teşvik ederek, bitkinin genel büyüme ve gelişimini iyileştirirler (Van Loon ve ark., 1998; Asghar ve ark., 2002; Vessey, 2003; Owen ve ark., 2015). Son yıllarda siderofor uygulamaları tarım alanında yapılmaktadır. Özellikle *Pseudomonas* ve *Azotobacter* cinsi bakterilerin tuzluluktan kaynaklı kuraklık, endüstriyel kirliliğin sebep olduğu toprakların yeniden tarıma açılması, bitki gelişimi teşvik ederek ürünün verim / kalite artışını sağlayabileceği en önemlisi de biyolojik mücadelede biyoteknolojik alanda faydalı olabileceği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Sunita ve ark., 1994; Chincholkar ve ark., 2005; Cornelis ve Matthijs, 2007).

Biyolojik çeşitliliğin tespiti ve genotiplerin tanımlanması bütün organizmalar için çok önemlidir. Tanımlama fenotipik yapılabildiği gibi moleküler olarak da yapılmaktadır. Moleküler yaklaşımlar, özellikle bakteriyel taksonomi alanında büyük bir öneme sahiptir. Bakteriyel çeşitliliğin büyük bir kısmını doğada mevcut olan, ama henüz kültüre alınamayan bakterilerin varlığı düşünüldüğünde, moleküler temele dayanan yöntemlerin rolü önem kazanmaktadır. Ayrıca, fenotipik yöntemlerin bazı durumlarda yetersiz kaldığı klinik tanı ve teşhis süreçlerinde, 16S rDNA gibi moleküler teknikler son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakteriyel taksonomide en sık başvuru yöntemlerinden biri 16S rDNA sekans analizidir. Son zamanlarda bazı protein genlerinin de bakteriyel teşhis için kullanıldığı görülse de, 16S rRNA geninin (rDNA) tüm bakterilerde evrensel olarak bulunması, onu bakteriyel taksonomi açısından vazgeçilmez bir araç yapmaktadır (Sivasakthi, 2014).

Kütle spektrometrisi, uzun bir süredir özellikle kimya alanında yaygın olarak kullanılırken, mikrobiyolojiye entegrasyonu 1970'lerin başlarına dayanmaktadır. Anhalt ve Fenselau, 1975'te yaptıkları çalışmalarda, bakterilerin tür ve cins düzeyinde kendilerine özgü kütle spektrumlarına sahip olduklarını ortaya koymuşlardır (Woese, 1987). 1980'lerin sonları ve 1990'ların başlarında gelişen soft iyonizasyon tekniklerinin, özellikle MALDI ve elektrospray iyonizasyon (ESI) yöntemlerinin kütle spektrometri sistemine entegre edilmesi, büyük moleküllerin, örneğin proteinlerin

analizini mümkün kılmıştır. MALDI-TOF MS, her organizma için özgü protein parmak izleri oluşturarak bakteri ve mantar türlerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji, bakterilerin protein yüklerine göre ayırım yaparak doğru tanımlamalar yapabilmektedir (Pace, 1997; Thorne, 1998).

Bitki rizosferinde bulunan yöreye ait bakterilerin izole edilerek tanımlanması ve çeşitli özellikleri bakımından taranması ile ülke ve bölge tarımsal üretimine mikrobiyal gübre/biopestisit olarak kazandırılabilir. Çalışmamız kapsamında bakteriler iki farklı yöntemle tanımlanmıştır. MALDI-TOF MS ve Sanger dizileme 16S rDNA sekans analizi ile tür tanımlaması yapılmıştır.

Bu bağlamda bizim çalışmamız Kayseri ve yöresinden baklagil yem bitkilerinin kök bölgesinden toplanan topraklardan; yararlı mikroorganizmaların elde edilerek tanımlanması, azot/ fosfor /potasyum/ siderefor ve IAA gen varlıkları tespit edilerek bitki türlerinde etkinliğini görmeyi amaçlamaktadır. Bölgeye ait PGPR bakterileri tespit edilerek yapılan saksı denemeleri ile etkinliği test edilmiştir. Bitkisel üretimde kullanılabilecek farklı türlere ait PGPR özellikli ümitvar bakteri suşları belirlenmiştir.

Domates ve karpuz hakkında genel bilgiler

Domates, patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasına ait *Solanum* cinsi içerisinde yer alan önemli bir sebze türüdür. Anavatanı Güney Amerika'nın Peru, Ekvador ve Şili'nin dağlık bölgeleri olarak kabul edilir. Günümüzde, yetiştirilen domates türlerine benzer bazı yabani akrabalar Galapagos Adaları'nda bulunmuştur. Domatesin ilk olarak Meksikalılar tarafından kültüre alındığı ve buradan dünyaya yayıldığı bilinmektedir. Amerika'nın keşfi sonrasında, gemiciler aracılığıyla Avrupa'ya getirilmiş ve burada tarımı yapılmaya başlanmıştır (Yılmaz ve ark., 2008).

Domates, tropikal iklimlerde çok yıllık bir bitki olarak yetişirken, diğer bölgelerde tek yıllık bir kültür bitkisi olarak kabul edilir. Ilık ve sıcak iklimlerde en iyi şekilde geliştiği için sıcak iklim sebzesidir. Toprak açısından, kumludan killiye kadar farklı toprak türlerinde yetişebilmesine rağmen, derin, geçirgen ve su tutma kapasitesi yüksek, humus ve besin maddeleri bakımından zengin tınlı topraklar domates için ideal gelişim ortamını sağlar. Ayrıca, kumlu tınlı topraklar erken ürün alınmasına yardımcı olur.

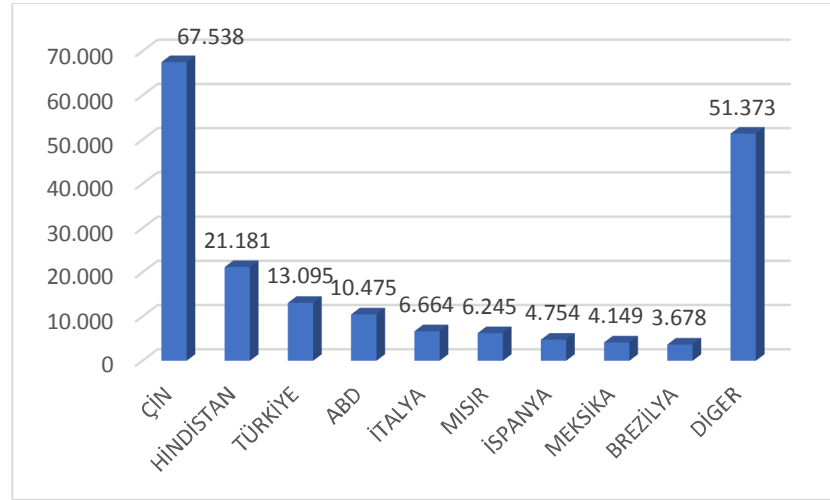
Domates üreticiliğinde için en uygun pH değeri 6,5 olup, tınlı toprakları tercih eder (Bayraktar, 1970).

Ülkemizde yetiştiriciliği hem açıkta hem de örtü altında yapılan domatesin optimum geliştiği sıcaklık 17-27 °C'dir. 30 °C'nin üzerinde 13 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bitki büyüme ve gelişmesinde özellikle çiçek tozunun oluşumunu, çiçek tozu canlılığını, tozlanma-döllenme sürecini olumsuz etkileyebilir (Padem ve ark., 2005).

Domates, yüksek besin değerine sahip bir meyvedir. Orta boy bir domates (123 gram) yaklaşık olarak su içeriği %94, enerji 26 kcal, protein 1 gram, karbonhidrat 6 gram, lif 1,4 gram, kalsiyum 6 mg, demir 0,6 mg, potasyum 273 mg, sodyum 11 mg, A vitamini 766 IU, tiamin 0,07 mg, riboflavin 0,06 mg, niasin 0,8 mg ve C vitamini 23 mg içerir (Gebhardt ve Thomas, 2002). Domatesin kalp hastalıkları, sindirim sistemi sorunları ve prostat kanseri risklerini azalttığı bilinmektedir. Ayrıca, domatesin önemli bir karotenoid kaynağı olan likopen içerdiği için güçlü bir antioksidan etkiye sahiptir. Likopen, yüksek oksijen radikallerini tutarak vücutta serbest radikalleri baskılar, bağışıklığı güçlendirir, kanserli hücrelerde büyümeyi engelleyerek hücre çoğalmasını kontrolüne almaktadır (Dumas ve ark., 2003; Frusciante ve ark., 2007).

2023 yılı FAO verilerine göre Dünya'da 5.051.983 hektar alanda 189.133 milyon ton domates üretimi gerçekleşmiştir. Çin bu üretimin 67,5 milyon ton ile % 34,67'sini tek başına karşılamaktadır. İkinci büyük ülke Hindistan, 812.000 hektar alanda 21.181 milyon ton domates üretmiş. Türkiye 181.879 hektarlık alanda 13.095 milyon tonluk üretimle üçüncü sırada yer almıştır (Şekil 1) (FAO, 2023).

ABD ve Mısır bu ülkeleri takip etmektedir. TÜİK verilerine göre, Türkiye'nin 2023 yılı itibarıyla sebze üretimi yaklaşık 33,6 milyon tondur. Türkiye'de en fazla üretimi yapılan sebze olan domates, üretim miktarı açısından 2023 yılı toplam sebze üretiminde % 41,2 (13,3 milyon ton) paya sahiptir (TÜİK 2024).



Şekil 1. Dünya domates üretim verileri (FAO, 2023).

Domates, dünya genelinde üretimi, tüketimi ve ticareti en yaygın tarım ürünlerinden biridir. Gıda sanayisinde salça, ketçap, turşu, konserve ve dondurulmuş ürünler gibi birçok farklı alanda kullanılabilmesi, domatesi diğer tarım ürünlerine göre kritik bir öneme sahip olduğu için daha değerli hale getirmektedir (Keskin ve Gül, 2004).

Sebze türleri içerisinde önemli yeri olan Karpuz (*Citrullus lanatus*), *Cucurbitaceae* familyasının *Citrullus* cinsine ait, sürünücü ve tırmanıcı, çiçekli bir bitki türü olup tek yıllık, meyvesi için yetiştirilen bir kültür bitkisidir (Whitaker, 1976). Karpuzun anavatanı Güney Afrika'dır. Anadolu gen merkezlerinden birisi olmamakla birlikte, yıllardan beri Asya, Avrupa ve Afrika arasında önemli bir göç yolu olması sebepleriyle önemli bir genetik çeşitlilik merkezidir (Sarı, 2008; Solmaz, 2009). Kültür karpuz çeşitlerinin ise 15. yüzyıldan itibaren Mısır, Suriye, Anadolu ve Balkanlar üzerinden Avrupa'ya yayıldığı bildirilmiştir (Anonim, 2020b). Karpuz tipik bir sıcak iklim sebzesidir (Güneş, 2016). Yetiştirilmesi için optimum gelişme sıcaklığı 27-30 °C'dir. 35 °C, hatta 40-45 °C'de sorunsuz yetiştirilebilir. Minimum gelişme sıcaklığı 15 °C'dir. Yüksek ışıklanma karpuzun yetişmesi ve meyve tat, şeker ve aroma oluşumu için olumlu etkiye sahiptir, buna rağmen karpuz çiçeklenme açısından ışığa bağımlı bir bitki değildir (nötr gün bitkisidir). Tohumları genellikle örtü altındaki yastıklara ve pH 5,5-7 arasında olan, orta düzeyde azot içeren iyi drene edilmiş kumlu toprağa ekilmekle beraber son zamanlarda ticari fide yetiştiricisi şirketler kurulmuş olup tamamen topraksız özel ortamlar içinde fide yetiştiriciliği yapılmakta ve üreticiler bu imkândan yararlanmaktadırlar. Bu durumda karpuz üretiminde tohum ya da hazır fide

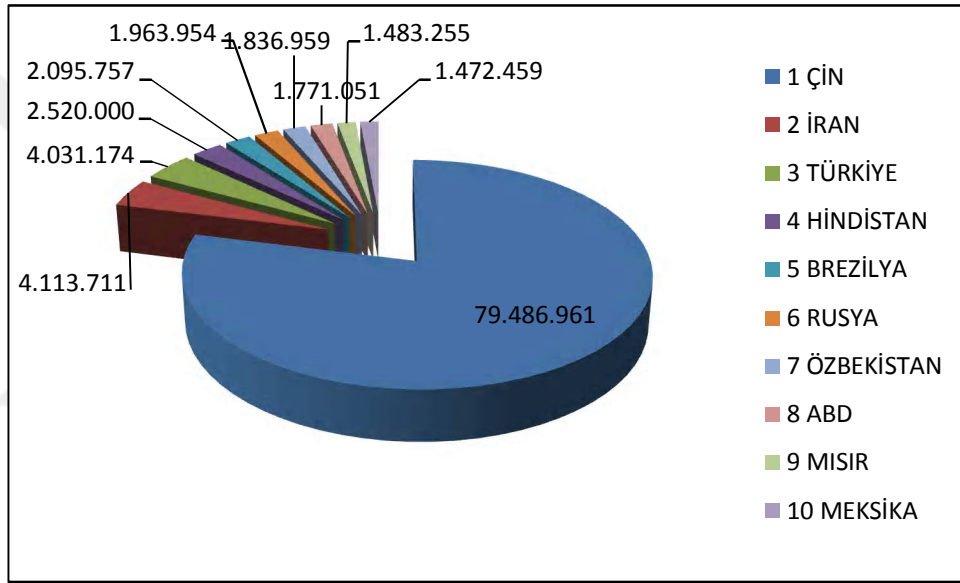
kullanılmaktadır. Karpuz bitkisi ağır topraklardan hoşlanmaz. Karpuz için ideal toprak; derin, süzek, drenajı iyi, taban suyu 1 m'yi geçmeyen, kumlu-tınlı topraklardır. Kumlu topraklarda da karpuz için 6,0-6,5 pH idealdir. Toprak tuzluluğuna orta derecede dayanıklı sebzelerdendir (Solmaz, 2009).

Karpuz, yaz aylarında taze olarak tüketilen, meyve suyu, kokteyl, nektar, jel, reçel, sos, turşu, bira vb. yapımında kullanılırken çekirdeği de çerez ve hatta bazı ülkelerde yağ çıkartmakta ve un yapımında kullanılmaktadır (Wani ve ark., 2006; Wani ve ark., 2011; Conto ve ark., 2011; Johnson ve ark., 2013). Ayrıca bazı bölgelerde karpuz pekmezi de yapılmaktadır (Taşkaya ve Keskin, 2004). 150 gr karpuzun % 92'si su, 12 gr karbonhidrat, 1 gr protein ve % 2 lif içerir. Potasyum açısından zengindir. Ayrıca enzimler, organik asitler ve doğal şeker içerir (Karamanlı, 2007). Sağlık açısından önemli bir antioksidan kaynağıdır. Karpuz; C vitamini ve likopen, beta-karoten, lutein, zeaksantin ve kriptoksantin gibi antioksidan flavonoidlerin mükemmel bir kaynağı olarak bağışıklık sistemini güçlendirir. Bu güçlü antioksidanlar yaşlanma ve hastalık önlemede önemli bir koruyucu olarak kabul edilir. Vücudun zararlı toksinlerini dışarı atmaya yardımcıdır. İdrar söktürücü özelliği vardır. Karaciğeri temizler, böbrek fonksiyonlarını uyarır. Dehidratasyon riskini azaltırken, vücudun terleme yoluyla kaybettiği sıvı ve minerallerin yerine gelmesine yardımcı olur. Yaz susuzluğunu gidermek için mükemmel bir meyvedir. Magnezyum ve potasyum gibi minerallerce zengindir. İçinde bulunan amino asitler ve magnezyum, kan basıncını dengeler (Ciofu, 2003). Tansiyonu düzenler ve kalp sorunlarına karşı koruyucudur. Kullanım alanlarından dolayı dünyada olduğu gibi ülkemizde de ekonomik anlamda oldukça önemli bir yere sahiptir. Karpuz geniş alanlarda yetiştirilmeye uygunluğu, kolay pazarlanabilir olması ve birim alandan elde edilen getirisinin yüksek olması nedeniyle açıkta ve örtü altında yaygın olarak üretilmektedir (Yetişir ve Sarı, 2004).

Genel ifade ile dünyada 1.200' den fazla karpuz çeşidinin varlığı bilinmekte olup meyvelerin ağırlığı 1 ile 90 kg arasında değişmekte ve meyve iç renkleri de kırmızı, pembe, turuncu, sarı veya beyaz olabilmektedir (Anonim, 2020). Ülkemizde başta Adana olmak üzere Diyarbakır dâhil birçok ilinde karpuz üretimi yapılmakta ve üretilen karpuzlar sofralık olarak taze tüketilmektedir. Karpuz yetiştiriciliğinde üretim materyali olarak tohum ya da son zamanlarda hazır temin edilen fideler kullanılmakta, ülkemizde en fazla karpuz üretim Adana ve civarında yapılırken Diyarbakır ve civarında bölgeye

özel çok iri meyve veren karpuzları ile dikkat çekmekte ve sınırlı da olsa üretilmektedir. Türkiye'nin güneyinde bulunan Çukurova bölgesinde, karpuz, erken üretim amacı ile çoğunlukla alçak tüneller altında uzun yıllardır yoğun bir şekilde yetiştirilmektedir (Yetişir, 2007). Türkiye’de 863 bin ha alanda yaklaşık 4 milyon ton karpuz yetiştiriciliği yapılmaktadır (TÜİK, 2022).

Dünya karpuz üretiminde 79 milyon ton ile Çin ilk sırayı alırken, İran 4.113.711 ton, Türkiye 4.031.174 ton, Hindistan 2,5 milyon ton ve Brezilya 2 milyon tonla ilk beşi oluşturur (Şekil 2) (FAO, 2022).



Şekil 2. Dünya karpuz üretim verileri (FAO, 2022).

TÜİK 2022 yılı verilerine göre Adana, Türkiye karpuz üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Türkiye karpuz üretiminin % 20’si (689.212 ton) Adana ili tarafından gerçekleştirilirken; % 13’ü Antalya, % 7’si Mersin tarafından üretilmektedir. Bursa, Manisa, Diyarbakır, Samsun, Ankara, Şanlıurfa ve İzmir Türkiye’nin kavun üretiminde önde gelen diğer illerdir. Türkiye karpuz üretiminde 2021 yılı ekim alanlarında önde gelen bölgeler (12 bölge) başta Akdeniz (228.885 da) olmak üzere, Güneydoğu Anadolu (146.736 da), Ege (101.094 da), Doğu Marmara (60.074 da), Batı Anadolu (51.251 da), Batı Marmara (43.674 da) olarak sıralanmaktadır. Türkiye karpuz üretim alanlarının son yıllarda pek değişmediği, 2020 ve 2021 yılı ekim alanlarına ait bölge sıralamasının aynı olduğu görülmüştür.

Çalışmamız kapsamında domates ve karpuz seçilmesinin nedeni yukarıda da belirtildiği üzere ülkemiz açısından hem üretim miktarı hem de ihracat olarak en önemli sebze türleridir. Birçok tarımsal üründe kullanılan PGPR'lar yoğun kimyasalların kullanıldığı sebze tarımında da sürdürülebilir veya organik tarım anlamında önemli bir konu olarak görülmekte ve yoğun olarak çalışılan konular arasında yer almaktadır. Bu anlamda PGPR'ların sebze üretimine etkileri üzerine birçok çalışma yapılmış ve PGPR'ların tohum ve fide kalitesi, bitki büyümesi, verim ve bazı verim unsurları üzerinde olumlu etkileri olduğu kesin olarak ortaya konmuştur. PGPR özellikleri olan yerel bakteri suşlarının tespit edilmesi ve bunların bitkisel üretimde kullanılabilme potansiyellerinin ortaya konması sürdürülebilir tarım ve çevre açısından önemli konulardır. Bu sebeple bu çalışmada da Kayseri ve yöresindeki baklagillerin rizosferlerinden bakterilerin izolasyonu ve PGPR özelliklerinin belirlenmesi ve iki önemli sebze türü olan domates ve karpuzda bitkisel gelişime etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu

Tarımsal üretimde sebzeçilik alanında kullanılan aşırı kimyasal kullanımı çevre ve insan sağlığına geri dönülmez zararlar vermektedir. Kültür bitkilerinin özellikle gübreleme ve hastalık ve zararlılara karşı korunması amacıyla üreticiler tarafından bilinçsizce yoğun bir şekilde sentetik kimyasallar kullanılmaktadır. Yoğun bir şekilde söz konusu kimyasalların kullanılması sürdürülebilir üretim ve çevre için tehditler oluşturmaktadır. Bu alana çözüm sunacak doğal alternatif yaklaşımlar önemli konular arasındadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, Kayseri ve yöresinden (Niğde, Nevşehir, Sivas) baklagillerin (yonca, korunga, Macar fiğı, üçgül) rizosferlerinden PGPR özellikte yerel bakterilerin izole edilmesi, moleküler karakterizasyonu, bu bakterilerin 16S rDNA analizi / MALDI TOF tekniğine göre tanımlanması ve iki sebze türünde (domates ve karpuz) bitkisel gelişimine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.3. Araştırmanın Önemi

Doğada olan bitki büyümeyi teşvik edici bakterilerin tespiti ve özelliklerine göre tanımlanması ve kullanıma sunulması sürdürülebilir tarım ve çevre açısından önemli konulardan birisidir. Özellikle türleri tanımlanmış, gen ifadeleri ve PCR ile gen bulundurma durumları belirlenmiş bakteri suşlarının mikrobiyal gübre/pestisit potansiyeli ile ülkemizin tarımında yerini alabilecektir. Ayrıca ülkemizin genetik kaynaklarının korunması ve muhafazası açısından da önemli bir kazanım sağlayacaktır.

1.4. Literatür Çalışması

Toprağın biyolojik hayatını oluşturan birçok mikro ve makro organizma bulunmaktadır. Bu mikroorganizmaların bazıları direkt veya indirekt yollarla bitki büyümesini teşvik etmektedir. Toprakta serbest ya da simbiyotik olarak yaşayan ve bitki büyümesine ve sağlığına olumlu katkılar sağlayan bakteriler Kloepper ve ark. (1980) tarafından PGPR olarak adlandırılmıştır. Bitkiye sağladıkları pek çok faydadan dolayı "Probiyotik Rizobakteriler" olarak da bilinmektedir (Ram, 2013).

PGPR terimi, yaşam tarzlarına bağlı olarak üç tip toprak bakterisini içerir; kök çevresindeki bölgede (rhizosphere) yaşayan serbest bakteriler, kök yüzeyini kolonize edenler (rhizo-plane) ve köklerde yaşayan endofitik bakteriler. Bireysel bakteri türü, toprak çevre koşullarına ve ilgili konakçı-kök ortağına bağlı olarak üç yaşam biçimini de benimseyebilir (Alavi ve ark., 2013; Mitter ve ark., 2013). Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*; PGPR), bitki büyümesini destekleme, biyogübreleme, bitki hormonlarının sentezi ve bitkisel hastalıkların biyolojik kontrolü gibi çok yönlü işlevlere sahiptir. Bu bakteriler, tarımsal sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından önemli bir biyolojik araç olarak öne çıkmaktadır. Fosfatın mineralizasyonu ve çözünürlüğü sürecinde etkin rol oynayan mikroorganizmalar arasında *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Rhizobium* türleri öne çıkmaktadır (Antoun, 2002). PGPR temelli birçok biyogübre ve mikrobiyal gübre, bitki gelişimini destekleyici etkilerini konukçu bitkinin besin elementlerine erişimini artırarak göstermektedir (Vessey, 2003; Almaghrabi ve ark., 2013). Ayrıca, bu bakteriler antagonistik özellikleri sayesinde fitopatojenlerin kontrolünde etkili olurken, aynı zamanda bitki büyümesi ve tarımsal verim üzerinde doğrudan pozitif katkılar sunmaktadır (Gül, 2008). PGPR'nin bu çok yönlü işlevleri, tarımsal üretimde kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azaltılmasına yönelik sürdürülebilir yaklaşımlar için büyük bir potansiyel taşımaktadır.

PGPR'ların bitkilerdeki etki mekanizmaları doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

PGPR'lerin bitki gelişimine doğrudan etki mekanizmaları

1. Havadaki serbest azotun bağlanması.
2. Farklı bitki hormonlarının sentezi.
3. Minerallerin çözülmesi.
4. Bitkilerde hormon seviyelerini ayarlayan enzimlerin sentezi gibi bakteri tarafından üretilen veya çevreden besin maddelerinin alımını kolaylaştıran bir bileşiği bitkiye sağlayarak gerçekleştirmektedirler.

PGPR'lerin bitki gelişimine dolaylı etki mekanizmaları

1. Patojen için yararlı olan demirin üretilen sideroforlar yardımıyla sınırlandırılması,
2. Antibiyotiklerin üretimi,
3. Bitkide sistemik dayanıklılığın uyarılması,
4. Fungal hücre duvarlarının üretilen litik enzimler ile parçalanması ve antifungal metabolitlerin üretimi,
5. Demirin tüketilmesi,
6. Antifungal metabolitlerin sentezi,
7. Rhizobium ve mikorizalar ile simbiyotik ilişkiler geliştirmesi,
8. Siyandrik asit sentezleyerek antipatojenik etki gösterme.
9. Besin ve yer için rekabet ederek patojenleri önlemek şeklindedir (Glick 1995; Ahemad 2013; Kotan 2014).

Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler, bitkilerin su ve besin maddelerinden daha etkin bir şekilde yararlanmasını sağlamakta, büyüme hormonlarının sentezini desteklemekte ve rizosferde mikrobiyal dengeyi düzenleyerek sağlıklı bir kök çevresi oluşturmaktadır. Ayrıca, topraktaki mineral maddelerin çözünürlüğünü artırarak bitkilerin besin elementlerine erişimini kolaylaştırmakta ve böylece büyüme ve gelişimi doğrudan etkilemektedir. Bu bakteriler, aynı zamanda bitkisel patojenlere karşı önemli bir biyokontrol aracı olarak görev yapar. Bakteriyel, fungal, nematod ve viral kökenli birçok bitki hastalığına karşı etkin mücadele mekanizmaları geliştirerek bitki sağlığını korumakta ve tarımsal üretimde verimliliği artırmaktadır (Siddiqui, 2005).

Rizobakteriler ile ilgili yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde Nutman'ın belirttiğine göre simbiyotik azot fiksasyonu olayı ile ilgili ilk bilgilerin 1888 yılında Beijerinck tarafından, baklagil bitkilerinin nodüllerinden *Bacillus radicicola* olarak isimlendirdiği *Rhizobium* bakterisini izole etmesiyle elde edildiği bilinmektedir (Kızıloğlu, 1989). Alexander'ın (2005) çalışmasında belirttiğine göre *Rhizobium* türleri *Rhizobiaceae* familyasına ait olup, aerobik, gram negatif çubuk şeklinde 0,5-0,9 mikron eninde 1,2-3,0 mikron boyunda ve sporsuz bakterilerdir.

PGPR'lar toprağın sürdürülebilirliğini ve toprakta sabit olan bitkilerin sağlığında çevre dostu bir çözüm olarak çeşitli mekanizmalar sunar (Akhtar ve ark., 2012). Yararlı mikroorganizmalar, toprak özelliklerini büyük ölçüde olumlu yönde etkileyerek toprak kalitesinin ve bitki büyümesinin yeniden canlandırılması ve tarımsal verimliliğinin sağlanmasında kritik öneme sahiptir (Gabriela ve ark., 2015). PGPR'lar bakteriler risosfer bölgesinde yaşayan bakterilerin hemen hemen %2-5'i bitki büyüme ve gelişimini teşvik edici özelliktedir (Antoun ve Prevost, 2005).

Bu bakteriler, Türkiye topraklarında da yabancı ve kültür bitkilerinin kök rizosferinden izole edilebilmektedir (Yılmaz,2010; Karakurt ve ark., 2010; Karakurt ve ark., 2011; Ateş ve ark., 2011; Karagöz ve ark., 2012; Çığ ve ark., 2014; Turan ve ark., 2014; Güneş ve ark., 2015; Ekinci ve ark., 2014; Sahin ve ark., 2015; Karagöz ve ark., 2016; Samancıoğlu ve ark., 2016; Ekinci ve ark., 2017; Ünlü ve ark., 2024). Üniversitelerde bakteriyojoloji laboratuvarındaki mikrobiyal kültür koleksiyonların yerini almıştır.

Topraktaki bakteri popülasyonu farklı besin maddelerini kullanarak çok hızlı bir şekilde büyümektedir. Son yıllarda da özellikle PGPR'ın rolü, bitkiler üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle dikkat çekmiştir (Alawiye ve Babalola, 2019; Quresh ve ark., 2019).

Son on yılda, PGPR grubuna ait çeşitli bakteri suşlarının sera ve tarla koşullarında bitki gelişimi üzerindeki etkileri geniş kapsamlı olarak araştırılmıştır. Bu çalışmalar; patates, fasulye, soya fasulyesi, bezelye, mercimek, domates, biber, salatalık, buğday, arpa, yulaf, mısır, turp, elma, turuncgiller, bazı süs bitkileri ve orman ağaçları gibi birçok bitki türünü kapsamaktadır (Biswas ve ark., 2000; Asghar ve ark., 2002; Bashan ve ark., 2004; Kloepper ve ark., 2004; Khalid ve ark., 2004; Gray ve Smith, 2005; Mehnaz ve Lazarovits, 2006). Bu araştırmalar, PGPR suşlarının farklı bitkilerde büyüme, verimlilik

gibi önemli parametreler üzerindeki pozitif etkilerini ortaya koyarak tarımsal üretimde önemli bir potansiyele sahip olduklarını göstermiştir.

PGPR' larla yapılan bir çok araştırmada bitki türlerinde yaprak alanı, bitki boyunda ve ağırlığında artış, çiçeklenmede erkencilik, tohum çimlenmesinde erkencilik ve çimlenme başarısında artış, kökte uzunluğu ve kök yoğunluğu artışı, yaprakta absisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi, klorofil miktarında artış, bitki besin içeriğinin dengelenmesi ve birçok bitkisel parametre çalışılmış pozitif sonuçlar göstermiştir (Schippers ve ark.,1987; Guo ve ark., 2004; Kokalis- Burelle ve ark., 2006; Sharafzadeh, 2012; Singh ve ark., 2014; Fan ve ark., 2017;Yılmaz ve ark., 2022; Şekerci ve Ünlü, 2022; Chowhan ve ark., 2023). Ayrıca, PGPR'lar besin içeriğinin dengelenmesi yoluyla bitkilerin sağlıklı gelişimini desteklemekte ve bu süreçlerin tümü tarımsal verimliliği artırmaktadır.

PGPR'lar tarımsal üretimde önemli avantajlar sunan çok yönlü özelliklere sahiptir. Tohum çimlenmesini iyileştirme, kök gelişimini teşvik etme, verim artışı sağlama, toprak tekstürünün kalitesi verimliliğini artırarak destekleme, toksisiteyi düşürme ve bitkileri patojenler ile stres faktörlerine karşı koruma sağlama bu özelliklerden bazılarıdır. Ayrıca, PGPR'lar tarımsal ekosistemlerin dengesini bozan ve çevresel riskleri artıran kimyasal gübre ve pestisitlere olan küresel bağımlılığın azaltılmasına da katkıda bulunabilir. Bu nedenlerle gelecekte biyo-gübreler ve biyo-koruyucu ajanlar, inorganik kimyasal gübrelerin ve sentetik pestisitlerin yerini alarak sürdürülebilir tarımsal üretimde kritik bir rol oynayabilir (Tsegaye ve ark., 2017; Majeed ve ark., 2018).

Ashrafuzzaman ve ark. (2009)'a göre PGPR'lar, bitki köklerini kolonize ederek çeşitli biyolojik mekanizmalar aracılığıyla bitki büyümesini destekleyen faydalı bakterilerdir. PGPR'ların tarımsal uygulamalardaki kullanımı giderek yaygınlaşmakta ve kimyasal gübreler, pestisitler ve diğer tarımsal takviyelere çevre dostu bir alternatif sunmaktadır.

Azot fiksasyonu, fosfat çözme kapasitesi, indol asetik asit (IAA) gibi büyüme hormonlarının üretimi ve siderofor bileşiklerinin sentezi gibi PGPR özellikleri, konvansiyonel yöntemlerle başarıyla tespit edilmiştir. Bu yöntemler sayesinde birçok bakteri türünün PGPR özellikleri doğrulanmış ve tarımsal alanda kullanım potansiyelleri belirlenmiştir (Vaikuntapu, 2014; Zafar ve ark., 2017).

Bu alanda yürütülen birçok çalışmada *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azospirillum*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Bradyrhizobium*, *Erwinia*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Gluconacetobacter*, *Klebsiella*, *Kosakonia*, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Stenotrophomonas*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine dahil çeşitli türlerin bitki büyümesini teşvik edici bakteriler arasında yer aldığı ortaya konulmuştur (Dutta ve Podile, 2010; Xing, 2016; Solanki, 2017; Gómez-Godínez ve ark., 2023).

Bitkilerde dayanıklılığın geliştirilmesinde önemli rol oynayan biyotik uyarıcılardan bakteri, fungus, virüs ve nematodlar ya da abiyotik uyarıcılardan salisilik asit, glisin, jasmonat, etilen ve bazı herbisitler) çok geniş sayıda bir patojen dizine karşı çok sayıda kültür bitkilerin de uygulanmıştır (Ozeretskorskaya, 1995).

PGPR bakteriler fosforun çözünürlüğünü, su kullanım etkinliğini, azot fiksasyonu ve bitkisel hormon üretimini (stokinin, oksin ve gibberellin) teşvik ederek, besin elementlerinin bitki tarafından alımını arttırarak veya abiyotik stres şartlarında etilen seviyesini enzimatik yolla azaltarak bitki gelişimi ve verim üzerine olumlu etki yapabilecekleri ortaya konulmuştur (Samancıoğlu ve Yıldırım, 2015)

“Uyarılmış sistemik tolerans” terimi” PGPR’ların abiyotik streslere karşı tolerans sağlamada bitkilerde meydana getirdiği fiziksel ve biyokimyasal değişimler için kullanılmıştır (Sandhya ve ark., 2010). Bitki için stres faktörlerinden biri olan kurak ya da yarı kurak koşullarda yetiştirilen bitkilerde PGPR inokulasyonu ile kuraklığa tolerans ve su kullanım potansiyelini artırdığı saptanmıştır (Heidari ve Golpayegani, 2012; Gururani ve ark., 2013; Marcinska ve ark., 2013; Ors, 2015; Dere 2021). Bu durumun bakterilerin IAA üreterek bitkilerde kök gelişimini arttırması nedeni ile gerçekleştiği bildirilmiştir (Marulanda ve ark., 2009).

Rizosferin mikroflorası için kök salgıları doğal bir kaynaktır ve triptofan ve indol asetik asit üretimini arttırmaktadır. Doğrudan bitkisel gelişimi etkileyen mekanizmaları ise fitohormonların üretimi, etilen seviyesini düşürmek çözünme ve şelatlama yoluyla bitki beslemesinin iyileştirilmesi, çözünmeyen fosfatlar ve mikro besin elementlerinin alımında kolaylaştırması olarak rapor edilmiştir (Kravchenko, 1991; Martens, 1994; Dursun, 2008). Bitki gelişimini teşvik edici bakteri uygulamalarının bitki gelişimine etkileri; verim, çimlenme oranı, yaprak alanı, klorofil oranı, kök gelişimi, azot oranı,

protein oranı, kök ve gövde ağırlığı artışı, yaprak yaşlanmasının geciktirilmesi ve kuraklığa dayanıklılık şeklinde ortaya çıkmaktadır (Dobbelaere ve ark., 2003). PGPR'ların bitkinin erken gelişme döneminde daha etkin oldukları ve özellikle vejetatif gelişim üzerine olumlu etki yaptıkları yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Şahin ve ark., 2004).

Pek çok araştırmacı, PGPR'ın büyümeyi ve verim artışını teşvik edebileceğini (Gül ve ark. 2007; Seymen ve ark. 2010), yaprak ve meyve ağırlığını artırabileceğini (Kıdoğlu ve ark., 2008), büyümeyi artırabileceğini belirlemiştir. Kök, gövde, bitki ağırlığı ve protein oranı (Çakmakçı ve ark., 2008; Karthikeyan ve ark., 2010), sürgün oranı, kök oranı ve bitki kuru ağırlığında artış rapor edilmiştir (Çakmakçı ve ark., 2005; Ahn ve ark., 2007).

Kök gelişimin arttıran PGPR'lar %50-70 oranında verim artışları sağlayarak bir çok bitki türünde özellikle; çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, Mg, N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta absisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine yarar sağlayacağı bildirilmiştir (Lucy ve ark., 2004).

Simbiyotik azot fiksasyonunda, yonca, çayır üçgülü, bakla, mercimek, fasulye, bezelye, soya fasulyesi, fiğ ve bazı yem bitkileri büyük önem arz etmektedir. Dünyada baklagil-*Rhizobium* ortaklığı ile bağlanan azot miktarı, yılda yaklaşık 110 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. Normal gelişmiş bir yonca tarlasında dekara bağlanan N miktarı, tarlada ekili kaldığı süre gibi bazı faktörlere göre değişmekle birlikte, 14,8-29,0 kg/da'dır. Bu miktar ak üçgülde 26,8, çayır üçgölünde 15,4 , tüylü fiğde 18,4 kg/da'a kadar çıkmaktadır (Güvercin, 2009). Havanın serbest azotunu baklagillerle simbiyotik yaşam kurarak toprağa bağlayan ve genel olarak *Rhizobium* spp. olarak bilinen mikroorganizmalar aşılama ile toprağa verilmediği durumda genellikle toprakta az sayıda bulunurlar ya da etkili olmazlar. Bu nedenledir ki kontaminasyonsuz koşullarda biyolojik yolla toprağa bağlanan azotun miktarı da düşük olmaktadır (Gök ve Onaç, 1995).

Toprak sağlığı ve bitki büyüme gelişimi üzerinde potansiyel olarak etkili PGPR, bitki toprağında çok çeşitli mekanizmalara sahiptir ve böylece olumsuz koşullara karşı koruma sağlamaktadır. Sürdürülebilir tarım için özellikle son yıllarda, kimyasal

pestisitlerin çevre ve insan üzerindeki istenmeyen etkileri nedeniyle dünya genelinde bir gereklilik haline gelmiştir (Sing ve ark., 2019). Bitkisel üretimi iyileştirmek ve geliştirmek için PGPR'ların kullanımı bitki beslenmesini, verimini ve hastalık yönetimini iyileştirme fırsatlarını ortaya koyan çeşitli çalışmalarda gösterilmiş ve toprakta PGPR kullanımının topraktaki kimyasalları azalttığı ve çevre kirliliğini yönettiği belirtilmiştir (Kumar ve ark., 2019).

Büyüme teşvik eden rizobakteri kullanımı, sürdürülebilir bir çevre ve tarım için faydalı bir uygulama olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, çevre dostu PGPR, kimyasal gübre uygulamasını en aza indirmek için alternatif bir araç olarak ortaya çıkmıştır (Sharma ve ark., 2019).

Tarımda mahsul verimliliğini korumak ve aynı zamanda kimyasal gübreler ve pestisitler açısından kimyasal girdileri azaltmak için çözümler üretmek gereklidir. Bitki verimliliğini sınırlayan bir diğer kaynak ise sudur. Küresel iklim değişikliği tahminlerine göre, yağışların azalması nedeniyle dünyanın birçok bölgesi kurak veya yarı kurak bölgeler haline gelebilir (Sivakumar, 2011). Bu nedenle, verimde bir kayıp olmaksızın mahsullere eklenen su miktarını azaltan herhangi bir strateji arzu edilir. Bu bağlamda besin ve su kullanım verimliliğini ve alımını artıran toprak mikroorganizmalarının kullanılması iyi tarım uygulamalarını gerçekleştirmek için bir olasılık olarak değerlendirilebilir (Armada ve ark, 2014).

Fosfat çözücü etki: Azottan sonra bitkiler için en önemli besin kaynaklarından biri de fosfordur. Ülkemiz topraklarında fosfor yeterince bulunmasına rağmen az bir miktarı bitkiler tarafından kullanılabilir durumdadır. Fosforun bitkiler tarafından alınabilirliğini etkileyen faktörlerden ikisi toprağın pH'ı ve kireç içeriğidir. Topraktaki fosforun bitkiler tarafından en iyi alınabildiği pH sınırları 6,5-7,5 değerleri arasındır.

Toprak pH'sının 6,5'in altında olduğu durumlarda fosfor topraktaki etkin halde bulunan Fe, Al ve Mn gibi katyonlar ile çökelti meydana getirmek suretiyle fikse olur ve bitki tarafından alınamaz. Toprak pH'sının 7,5'in üzerinde olduğu durumlarda ise fosforlu gübrelerdeki monokalsiyum fosfat trikalsiyum fosfata dönüşerek erimez veya çok güç erir formda fikse olmaktadır. Ayrıca kireçli alkali topraklarda genel olarak serbest halde bulunan kalsiyum karbonat (CaCO_3) ile fosforun teması sonucu fosfor CaCO_3 'ün yüzeyine çökerek fikse olur ve bitkiler tarafından alınamaz forma dönüşür. Toprakta

bulunan bir kısım kök bakterileri topraktaki bu kullanılamayan fosforu çözerek bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürür. Bu şekilde de verimde artışlar meydana gelir. Kök bakterilerinin fosfor çözünürlüğü üzerine olan etkileri daha çok toprak pH'sı üzerine olan etkilerinden kaynaklanmaktadır. Kök bakterilerinin salgılamış oldukları glukonik asit, sitrik asit gibi organik asitler ve H^+ (proton) pompalanması sonucu toprak pH'sı etkilenecek fosfor bitkiler tarafından alınabilir forma dönüşür (Seshadri ve ark., 2000; Antoun, 2003). En iyi fosfat çözücü kök bakterileri arasında *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Rhizobium* türleri yer almaktadır (Antoun, 2003).

Fosfor, tarımsal üretimi sınırlayan önemli bir makro bitki besin elementidir. Diğer makro besin elementleri ile arasında toprakta immobil halde bulunup hareketliliği sınırlıdır (Yıldız 2012). Topraklarda fiksasyon, çökelme ya da immobilizasyon reaksiyonları sonucu hızla yarayışsız formlara dönüşmeleri nedeniyle çiftçiler bitki ihtiyacının çok üzerinde fosforu gübre olarak uygulamaktadır (Turan ve Horuz, 2012).

Bitki büyümesini düzenleyici bakteriler topraktaki çözünebilir fosforu arttırıp ayrıca da, çözünebilir durumda bulunan fosforun toprakta alınamayan forma dönüşmesini toprak yüzeyinde tutunmasını sağlayarak yarayışsız hale geçmesini engellemektedir (Joergesen, 2009). PGPR bakteri uygulaması ile fosforlu gübre kullanımının yarı yarıya azaltılmasında dahası ürün miktarında herhangi bir değişiklik oluşturmadığı belirtilmiştir (Jilani ve ark., 2007).

Mevcut ham fosfat kayası rezervi ülkemizin 425 milyon tondur. Organik tarımda kullanımı ve çözünebilir fosfatın arttırılabilmesi için yapılan çalışmada; bakterilerin topraktaki mevcut fosforun ve ham fosfat kayalarının çözünürlüğünü arttırmada önemli seviyede etkili oldukları ortaya konulmuştur. Elde edilen verilerle organik tarım sistemlerinde ve sürdürülebilir tarımda özellikle toprağın yapısını bozmadan hem yüksek ürün miktarı hem de kaliteli ürün alınabileceği sonucuna varılmıştır. Ham fosfat kaynakları uygulandıktan sonra *Bacillus subtilis* OSU-142, *Burkholderia cepacia* BA-7 ile *B. Megaterium* M3 bakteri uygulamalarının kontrol ve diğer bakteri uygulamalarına çözünürlüğünü arttırmak için etkin sonuç verdiği belirlenmiştir (Güneş ve ark., 2013).

Yapılan birçok çalışmada, topraktan ve bitkiden izole edilen mikroorganizmaların, inorganik ve organik formda bulunan ortofosfatları çözme yeteneğine sahip oldukları ortaya konulmuştur (Barea ve ark., 2005). Bu fosfat çözücü mikroorganizmalar,

hidroksi ve flor apatit içeren Ca-fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) ve kaya fosfatı ile Fe ve Al fosfatları kolaylıkla çözebilme yeteneğine sahip oldukları yapılan birçok çalışma ile ortaya konulmuştur (Kucey, 1983; Nahas, 2007, Günes ve ark., 2013). Fosfat çözücü PGPR mikroorganizmaların fosfat kayası ya da çözünemez fosfor formlarının şelatlama, değişim reaksiyonları, asitleşme ve glukonik asit üretimi gibi süreçlerle çözünebilir forma dönüştüğü sonucuna varmışlardır (Rodriguez ve ark., 2004; Chung ve ark., 2005). Bu süreçler aynı zamanda kullanılan farklı gübrelerin topraktaki hareketini artırarak bitki tarafından daha kolay alınabileceğini ortaya koymuştur (Uzun, 2014).

PGPR bakteri uygulaması ile bitkisel üretimde kullanılan fosforlu gübre miktarını % 50 azaltmak hatta elde edilen üründe miktar ve verim kaybı olmadığı sonucuna varmışlardır (Jilani ve ark., 2007; Yazdani ve ark., 2009).

Nautiyal (1999), tarafından toprak rizosferinden izole edilen mikroorganizmaların fosfor çözme yeteneklerini belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılmış çalışmalardan fosfor çözdüğü bilinen bakteriler her iki besiyerinde de geliştirilmiştir. *İn vitro* daki petri denemelerinde katı NBRIP besi yeri, PVK (Pikovskaya medyum) besi yeri ile kıyaslandığında 3 kat daha etkili bulunmuş. Sıvı NBRIP ortamının daha avantajlı olduğu ortaya konulmuştur.

Ahmad ve ark., (2005), çeşitli toprak örneklerinden izole edilen bakterileri Jensen's besiyeri (azot içermeyen besi ortamı) kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda 21 bakteri suşu elde edilmiş. Bu suşlardan 11 tanesinin *Azotobacter*, 10 tanesinin ise *Pseudomonas* olduğu tespit edilmiştir.

PGPR'lar inorganik ve organik fosfor çözünürlüğü artırarak bitki gelişimini teşvik ederek organik asit ve asit fosfataz üretimi besin elementi alınımını artırmaktadır (Kucey ve ark., 1989; Kumar ve Narula, 1999; Puente ve ark., 2004; Çakmakçı ve ark., 2005). Toprakta bulunan ya da toprağa uygulanan gübrelerde ki fosforlu bileşikler Ca bileşikleri şeklinde toprakta fiksasyona uğramaktadır (Yadaw ve Dadarwal, 1997; Çakmakçı ve ark., 2008; Karaçal ve Tüfenkçi, 2010)

Çetinkaya Yıldız (2007), Osmaniye, Muğla, Mersin, Hatay, Antalya ve Adana illerinden 39 farklı toprak örneği alınmış. Çalışmanın amacı toprakta çözünmeyen formda bulunan fosfatı çözen PGPR'ların elde edilmesi olmuştur. 386 adet bakteri suşu elde etmişler.

Fosfatı indirgeyen bakterilerin seçiminde sıvı NBRIP besiyeri kullanılarak, bromfenol blue'da meydana gelen renk açılması pozitif bir kriter olarak değerlendirilmiştir. NBRIP besiyerine inokule edilen 386 suşdan 34 tanesinin fosfatı çözdüğü kabul edilmiş besi ortamında renk açılması göstermiştir. PGPR suşlarının azotu bağlama yeteneklerinin belirlenmesi için ise bakteriler Jensen's besiyerine inokule edilmiş. Azot içermeyen Jensen's besiyerinde gelişen 21 bakteri suşunun pozitif sonuç verdiği tespit edilmiştir.

B. megaterium suşu ile domates bitkisinde yürütülen çalışmada, fosfor çözücü bakterinin ürün verimini arttırarak bazı besin elementlerinde biyokimyasal farklılıklar göstermiş, fosfor, demir, çinko ve bakır alımını artırdığı görülmüştür (Turan ve ark., 2004).

Domates bitkilerinde, verim ve meyve kalitesinde *Bacillus subtilis* ile inokule edilen bitkilerde (meyve sertliği, büyüklüğü) kontrole kıyasla pozitif artış yapmıştır (Mena-Violante ve Olalde-Portugal, 2007).

PGPR metabolitlerinin domates fidelerinin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılığını arttırmada *Bacillus subtilis* izolatları başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır (Bochow ve Dolej, 1999).

Turan ve ark., (2007 a), domates bitkisinde yapılan çalışmada beş farklı fosfor gübresi (fosfat kayası, normal süper fosfat, diamonyum fosfat, Triple süperfosfat ve fosforik asit), ve fosfor çözücü bakteri kullanılarak deneme yürütülmüş, birlikte ve bakterisiz şekilde uygulanmıştır. Çalışma sonuçları bitki tarafından alınamayan formdaki fosfatı fosfor çözücü bakteriler çözerek kullanılabiliirliğinin artırdığı ve organik ve iyi tarım uygulamalarında biyogübre olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Potasyum çözücü etki: PGPR bakteriler potasyumu bağlı bulunduğu minerallerden potasyumun serbest kalmasında etkili olan farklı organik asitleri (oxalic asit, 2-ketogluconic asit, succinic asit tartaric asit, gluconic asit, lactic asit, citric asit, malic asit, propionic asit, glycolic asit, malonic asit, fumaric asit) salgıladığı birçok çalışma ve araştırmacı tarafından belirlenmiştir.

Potasyum çözen PGPR bakterilerin potasyumun bağlı bulunduğu minerallerden potasyumun serbest kalmasında etkili olan farklı organik asitleri (oxalic acid, tartaric

acid, gluconic acid, 2-ketogluconic acid, citric acid, malic acid, succinic acid, lactic acid, propionic acid, glycolic acid, malonic acid, fumaric acid) salgıladığı birçok çalışma ve araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Hu ve ark., 2006; Sheng ve He., 2006, Liu ve ark., 2012; Keshavarz Zarjani ve ark., 2013; Prajapati ve ark., 2013; Saiyad ve ark., 2015).

Asidolysis adı verilen mekanizma ile potasyumun bağlı olduğu minerallerden ayrılması sağlanır. Araştırmacılar PGPR bakteriler tarafından üretilen inorganik / organik asitler ve serbest kalan H^+ direkt mineral potasyumu çözmekte olduğu sonucuna varmıştır (Sheng ve ark., 2008; Uroz ve ark., 2009; Maurya ve ark., 2014; Meena ve ark., 2015).

Nitrik asit ve sülfürik asit mikrobiyal parçalanması sonucunda oluşan amonyak ve hidrojen sülfür toprakta oksitlenerek bu güçlü asitleri oluşturmaktadır. Ortaya çıkan bu asitlerin oluşması ile toprak pH'sı yükselir, potasyumun Si^{4+} , Al^{3+} , Fe^{2+} ve Ca^{2+} iyonlarıyla birleşerek oluşan kompleks yapılardan potasyum serbest hale kullanılabilir forma dönüşmektedir (Styriaková ve ark., 2003; Römheld ve Kirkby, 2010).

Biyolojik azot fiksasyonu: Moleküler azot (N_2) dünya atmosferinin en önemli (%78) bileşenidir. Azot elementi bütün hayat formlarının temeli olan nükleik asit ve proteinler gibi kimyasal bileşiklerin temel yapı taşıdır. Böylece bitkiye azot verilmesi, oluşan protein, amino asit, protoplazma ve klorofil miktarını etkileyecektir. Bu nedenle, mahsulde yüksek verim potansiyeline ulaşmak için yeterli nitrojen kaynağı gereklidir (Ojha ve Marahattha, 2015). Atmosferde bitkiler tarafından direkt olarak kullanılamayan formda, ~%78 azot bulunur. Bu azotun mevcut forma dönüştürülebilmesi için endüstriyel işlem veya biyolojik azot fiksasyonu yoluyla sabitlenmesi gerekmektedir. Ancak, N_2 büyüme ve üreme için gerekli kimyasalları oluşturmak amacıyla biyolojik sistem tarafından direkt olarak kullanılamamaktadır. Azot canlı sistemin içine girmeden önce hidrojen ile kombine hale gelmelidir. Azot bağlama olarak adlandırılan bu N_2 'nin indirgeme işlemi kimyasal veya biyolojik olarak yapılmaktadır. Simbiyotik azot bağlanmasında belli mikroorganizmalar ile bitki kökleri arasında simbiyotik bir ilişki söz konusudur. Bunun en karakteristik örneği baklagiller ile bunların köklerinde nodül oluşturan *Rhizobium*'lar arasındaki ilişkidir. Bu simbiyotik ilişki genel olarak dünyadaki biyolojik azot fiksasyonunun % 20'sini oluşturur. Bu yolla azot bağlama oranı yıllık toplam 75-300 kg N/ha arasında

olmaktadır. Simbiyotik olmayan biyolojik azot bağlama yeteneğine sahip toprakta serbest yasayan birçok mikroorganizma vardır. Bunlar arasında *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Anabaecna* ve *Nastoc*'u sayabilir. Simbiyotik olmayan azot bağlamada neme, oksijene ve organik bir besin kaynağına ihtiyaç vardır. Topraktaki simbiyotik olmayan azot bağlama yaklaşık 15 kg N/ha/yıl olmaktadır (Hubbel ve Kidde, 2003; Vuolo ve ark., 2022).

Bakterilerin bir diğer önemli özelliği azot fiksasyon yetenekleridir. Normal şartlarda bitkiler havada bulunan N_2 gaz formunda olduğu için özümseyemezler ve bu onlar için bir eksikliktir, fakat bu bakteriler azotun gaz formunu nitrojenaz enzimi ile amonyağa (NH_3) indirgeyerek bitkiler için kullanılabilir hale getirir (Ferrarezi ve ark., 2022).

Nitrojenaz adı verilen çoklu enzim kompleksi, moleküler azotun amonyağa dönüşümünden sorumludur ve yalnızca prokaryotik organizmalarda bulunur. Bitkilere uyumlu bakteri türleri bulaştırıldığında bitki büyümesi ve ürün verimliliği artar (Al-Tammar ve Khalifa, 2022).

Yıllık azot fiksasyon verimine yaklaşık % 65'lik katkı sağlayan ve belirli toprak bakterilerinin aktivitesi sonucu atmosferik azot gazının amonyağa çevrimi ile özetlenebilen biyolojik azot fiksasyonu, fotosentezden sonra meydana gelen en önemli ikinci olay olarak kabul edilmektedir (Fisher ve Newton 2002). Bu katkının % 83'ü simbiyotik birliktelikten sağlanırken, geri kalan kısmının serbest veya ilişkili yaşayan bakteriler tarafından sağlandığı düşünülmektedir (Graham, 1988).

Havanın serbest azotunu baklagillerle simbiyotik yaşam kurarak toprağa bağlayan ve genel olarak *Rhizobium* spp. olarak bilinen mikroorganizmalar bulaştırma ile toprağa verilmediği durumda genellikle toprakta az sayıda bulunurlar ya da etkili olmazlar. Bu nedenledir ki kontaminasyonsuz koşullarda biyolojik yolla toprağa bağlanan azotun miktarı da düşük olmaktadır (Gök ve Onaç, 1995).

Bitki hormonları üretimi: Oksinler, bitkinin hayatındaki birçok büyüme ve fizyolojik sürecin koordinasyonunda temel bir rol oynayan, bitki gelişimi için gerekli olan bitki hormonlarıdır. Indol-3-asetikasit (IAA) bitkiler, bakteriler ve funguslar tarafından üretilen ve üzerinde en fazla çalışma yapılmış doğal oksindir. IAA, bitki hücre bölünmesini, büyümesini ve farklılaşmasını etkiler, tohum ve yumru çimlenmesini

uyarır, ksilem oranını ve kök gelişimini arttırır, vejetatif büyümeyi kontrol eder, ışığa, yerçekimine tepkilere aracılık eder, fotosentez, pigment oluşumu ve çeşitli metabolitlerin biyosentezini etkiler ve stres koşullarına karşı bitkiyi korur (Tsavkelova, 2006; Spaepen ve Vanderleyden, 2011). PGPR tarafından büyümenin teşvik edilmesinde rol oynayan hormonlarından birisi oksinlerdir. Birkaç PGPR suşu tarafından *in vitro* oksin üretimi ile bunların büyümeyi teşvik edici etkileri arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur (Asgar ve ark., 2002; Khalid ve ark., 2004). Oksinler, bitki büyümesini destekleyen iyi karakterize edilmiş bitki hormonlarıdır ve etkileri 1939'dan beri bilinmektedir (Thimann ve Schneider, 1939; Enders ve Strader, 2015). Bu nedenle, oksinlerin bakteriler tarafından salınması bitki büyümesini indükleyebilir. Birkaç PGPR'ın konukçu bitki köklerinde oksine duyarlı genlerin ekspresyonunu indüklediği de gösterilmiştir (O'Callagan ve ark., 2001; Contesto ve ark., 2010; Lakshmanan ve ark., 2013).

PGPR bakteriler bitkilerin içsel hormonlar, IAA (indol-3-asetik asit), gibberellik asit (GA) ve absisik asit (ABA) seviyelerinde olumlu değişikliklere sebep olur (Glick, 1995; Petten ve Glick, 1996). Kuraklık stresi altındaki bitkiler yapraklarında bulunan stoma açıklıklarında azalma meydana getirmektedirler (Decoteau, 2000). Stres sonucu bitkide meydana gelen bu değişim içsel sitokinin düzeyinin azalması ve ABA seviyesinin artması ile ilişkilidir. Bu durum stokininlerin ABA ile ortak biyosentetik kökene sahip olmasından kaynaklanan karşıt (antagonist) bir ilişki olarak bilinmektedir.

Yapılan bir çalışmada, kurak şartlarda yetiştirilen mısır bitkisinde ABA seviyesinde yükseliş, oksin, gibberellin ve sitokinin seviyelerinde ise azalış olduğu; ancak PGPR uygulamaları ile bu değişimin tersi yönde gerçekleştiği anlaşılmıştır (Cowan ve ark., 1999; Ansary ve ark., 2012).

İndol asetik asit: Indol- 3- asetik asit (IAA) fermantasyon ortamında 1885 yılında Salkowski tarafından bulunmuştur (Anonymous, 2003a). Günümüze kadar da IAA üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre IAA bitkilerde hücre uzamasının teşvik edilmesi, kambiyum hücrelerinin bölünmesi, floem ve ksilemin farklılaşması, bitkinin apikal gelişmesi, yaprak yaşlanmasını geciktirme, bitkilerde meyve tutumu ve gelişmesi, meyve olgunlaşmasının geciktirilmesi, çiçek gelişiminin artırılması, yüksek konsantrasyonlarda etilen

üretiminin teşviki gibi fizyolojik olaylarda rol oynamaktadır (Anonymous, 2003a). IAA bitkilerin sürgün ve kök uçlarını etkiler. Sürgünde konsantrasyonuna bağlı olmaksızın sürgün gelişmesini artırır. Bu bölgede yüksek konsantrasyonlar gelişmeyi daha da artırır. Kökte ise yüksek konsantrasyonlar kök gelişmesini engellemekte, düşük konsantrasyonlar ise gelişmeyi teşvik etmektedir.

Kök bakterilerinin bitki gelişimini uyarırken direkt etki mekanizmalarından biride bitki hormonları üretmesidir. Bitki hormonlarından en önemlileri IAA ve etilendir. PGPR'lar bitkilerde bulunan oksin, stokinin veya gibberellin gibi hormonları üretme yeteneğine sahip mikroorganizmalardır. Bitkilerin abiyotik stres koşullarında stres hormonu etilen artış göstermektedir. Bakteriler stresten bitkinin etkilenmemesi için en etkin yolu ACC Deaminaze aktivitesini meydana getiren geni kullanmaktır. ACC deaminaze etkisi olan bakterileri uygulaması yapılan bitkide etilen düzeyini azaltılabilmektedir (Tuzlacı ve Ertürk, 2011).

Bitkiler ile beraber yaşayan bazı bakteri suşları sekonder metabolit olarak IAA ve sitokinin türevlerini üretirler (Ercişli ve ark., 2004; Orhan ve ark., 2007; Çakmacı ve ark., 2009). Eğer bu organizmalar bitkilerin kök bölgesinde kolonize olurlar ise bitkilerde kök gelişimini hızlandırırlar (Şahin, 2010).

Rhizosferden izole edilen kök bakterilerinin % 80'ninin bitki gelişmesini düzenleyen IAA ürettikleri tahmin edilmektedir. Bu bakterilerin arasında *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes*, *Erwinia herbicola* ve *Pseudomonas syringae* gibi patojenlerin yanında *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bacillus* ve *Enterobacter* gibi bitki gelişimini uyaran bakterilerin bulunduğu cinsler yer almaktadır (Patten ve Glick, 2000).

Tablo 1. Farklı fitohormon üretimi yapan bitki gelişimini uyaran kök bakterileri (Bhattacharyya ve Jha, 2012).

Hormon	PGPR Türü	Bitki	Kaynak
İndol Asetik Asit	<i>Aeromonas veronii</i>	Pirinç	Mehnaz ve ark., 2001
	<i>Agrobacterium</i> sp.	Marul	Barazani ve Friedman, 1999
	<i>Alcaligenes piechaudii</i>	Marul	Barazani ve Friedman, 1999
	<i>Azospirillum brasilense</i>	Buğday	Barazani ve Friedman, 1999
	<i>Bradyrhizobium</i>	Turp	Kaushik ve ark., 2000
	<i>Comamonas acidovorans</i>	Marul	Antoun ve ark., 1998
	<i>Enterobacter cloacae</i>	Pirinç	Barazani ve Friedman, 1999
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Turp	Mehnaz ve ark., 2001
			Antou ve ark., 1998
Sitokinin	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	Buğday	Timmusk ve ark., 1999
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Soya	Garcia de Salamone ve ark., 2001)
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Kolza ve Marul	Noel ve ark., 1996
Gibberellin	<i>Bacillus</i> sp.	Kızılağaç	Gutierrez-Manero ve ark., 2001

Yapılan bir çalışmada IAA üreten *Pseudomonas putida* GR 12-2 ve *Enterobacter cloacae* CAL3 ile kanola ve domates bitkilerinin inokulasyonu sonucu fide köklerinin gelişimi önemli ölçüde artmıştır (Patten ve Glick, 2000).

Mısır bitkisinin *in vitro* koşullarda çimlenme üzerine etkisinde IAA gen bölgesine sahip *Bacillus* spp. PGPR bakterilerinin çimlenme başarısını ve çimlenme yüzdesini arttırdığını belirtmişlerdir (Yılmaz ve ark., 2022).

Etilen: Etilen eski Mısır’da incirlerin olgunlaşması amacıyla gaz olarak, eski Çin’de ise şeftalilerin olgunlaşması amacıyla kapalı odada tütsü şeklinde yakılarak kullanılmıştır. Etilen bütün yüksek bitkiler tarafından üretilmektedir. Etilen tohum çimlenmesi, dokuların farklılaşması, kök ve sürgün oluşması, kök uzaması, yan tomurcukların gelişmesi, ilk çiçeklenme, antosiyanin sentezi, çiçek açması ve yaşlanması, meyve olgunlaşması, meyvelerde aroma oluşumundan sorumlu uçucu organik bileşiklerin üretimi, depo edilen ürünlerin hidrolizi, yaprak ve meyve dokumu, biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı bitkilerin yanıtı gibi fizyolojik olaylarda etkilidir (Anonymous, 2003b; Tuzlacı ve Ertürk, 2011). Etilen birçok bitkinin tohumlarının çimlenmesinde gereklidir. Tohum çimlenmesinde ve fidelerin gelişmesi sırasında etilenin üretim oranı artmaktadır. Etilenin düşük seviyelerinde kök oluşumu ve büyümesi artmakta ve kök uzaması uyarılmaktadır (Penrose ve Glick, 2000; Pal ve ark., 2000). Bazı olaylarda etilenin varlığı konsantrasyona bağlı olarak, uyarıcı iken bazı olaylarda engelleyicidir (Glick, 2000; Petruzzelli ve ark., 2000). Bitkiler tarafından etilen sentezi aşamasında ACC (1- amino-cyclopropone-1-carboxylic acid) önemli rol oynar. ACC bitkilerde etilen varlığının direkt belirleyicisidir (Wang ve ark., 2000).

Etilen çok önemli bitki sinyal molekülü olup, tohum çimlenmesi, saçak kök gelişimi, kök nodülasyonu, çiçeklenme ve meyve tutumu gibi birçok bitkisel fonksiyonda düzenleyici rolü olan bir hormondur. Ancak, abiyotik ve biyotik stres koşullarında (tuzluluk, kuraklık, su baskını, patojen saldırısı, ağır metallerle maruz kalma vb.) bitkide bu molekülün üretimi aşırı seviyeye çıkmakta ve bu artış bitki gelişimini engellemektedir (Yang ve ark., 2008).

Shakir ve ark., (2012), Pakistan’ın Punjab yarı kurak bölgelerinde yetiştirilen buğdaylarda ACC-deaminaz aktivitesi özelliği bulunan kök bakterilerinde kuraklık toleransı incelemiştir. Çalışmada 30 izolatın ACC-deaminaz aktivitesine sahip olduğu,

bitkide salgılanan etilen seviyesinde azalma sağladığı sonucuna varmışlardır. Bitkilerde morfolojik olarak yapılan gözlemlerde yan kök sayılarında, kök ve gövde uzunluklarında artış gözlenmiştir. Elde edilen verilere göre ACC-deaminaz aktivitesine sahip bakterilerin kuraklık stresini azaltmada kullanılabileceği belirlenmiştir.

Bakteriler etilen seviyesini aşağıdaki yolla azaltabilirler. Bileşik 1-aminosiklopropan-1-karboxilik asit (ACC), bitkilerde etilenin bir öncüsüdür. ACC deaminaz üreten bakteriler bu maddeyi parçalayabildiğinden, kökteki alım ve seviye azalmaktadır. Böylece, bu bakteriler endojen ACC seviyelerini düşürerek kök büyümesini artırabilir ve yaşlanmayı geciktirebilmektedir (Glick, 2005). Bir stres hormonu olarak bilinen etilenin seviyesinin ACC deaminaz üreten bakteriler tarafından düşürülmüş olması, bitkileri biyotik ve abiyotik strese karşı korumak için ek bir potansiyele sahiptir (Saleem ve ark., 2007).

Kurak ve tuzlu şartlar altında yetiştirilen hıyar bitkisinde 3 farklı rizobakteri ırkının etkilerinin incelendiği bir çalışmada uygulamaların hıyar bitkisinde su potansiyelini, biyokütle ve klorofil içeriğini artırdığı, elektrolitik salınımını azalttığı belirlenmiştir. Rizobakteri uygulaması yapılan bitkilerin kontrole göre peroksidaz ve katalaz seviyeleri azalmış, salisilik asit ve giberellin önemli derecede artmıştır (Kang ve ark., 2014).

ACC-deaminaz üreten rizobakterilerin bulaştırılması ile mısır bitkisinde yapılan kuraklık çalışmasında; tane verimi, fotosentetik oran, stoma iletkenliği, klorofil a, toplam klorofil ve karotenoid içeriklerine bakılmış. Araştırmada ACC-deaminaz kombinasyonunun, kuraklık şartları altında mısır büyümesini ve verimliliğini artırmada etkili olduğunu ortaya konmuştur (Danish ve ark., 2020).

PGPR'lar tarafından da üretilen 1-aminoklopropan-1-karboksilat deaminaz gibi enzimler bitkide oluşan etilen hormon üretimini dengeleyerek bitki büyüme ve gelişimini sağlarlar (Glick, 1995). Böylece ACC-deaminaz aktivitesi olan PGPR'ler etilenin olumsuz etkilerini azaltmaktadır (Safronova ve ark., 2008). ACC-deaminaz aktivitesinin muhtemel mekanizmasını (Ahemad ve Kibret, 2013) etilen sinyali ile ACC bitkide sentezlendikten sonra bitki köklerinden bakteriler tarafından alınır ve bakterinin ürettiği enzim ile amonyağa ve 2-oxobutanoate'a hidrolize edilmektedir. Böylece bitkide bulunan ACC konsantrasyonu seviyesi düşürülerek aşırı etilen üretiminin engellenmesi sağlanmaktadır.

Kurak koşullarda yetiştirilen bitkilere PGPR uygulamaları ile birtakım fiziksel ve biyokimyasal değişiklikler görülmektedir. Toprak tuzluluğu, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal ürünler için önemli sınırlayıcı faktörlerdendir. Yapılan bir araştırmada, *Achromobacter piechaudii*' nin yüksek tuzluluk altında gelişen domates fidelerine uygulanmasıyla fidelerde etilen içeriğinin azaldığını bildirmişler ve bu çalışmanın sonucu bakteriyel ACC deaminazın işlevsel olduğunu göstermiştir. ACC  reten *A. piechaudii*, yüksek tuz varlığında domates fidelerinin gelişimini yaklaşık % 66 oranında artırmıştır (Yang ve ark., 2008).

Bitki büyümesinin arttırılmasında PGPR tarafından etilen içeriğinde bir azalmanın etkisinin olduğu görülmüştür. ACC'nin etilenin öncüsü olduğu, bu nedenle ACC seviyelerinin düşürülmesi, etilen seviyelerini düşürecek ve bu bitki hormonunun büyümeyi azaltma etkisini engelleyebileceği sonucuna varılmıştır (Van de Poel ve Vander Straeten, 2014). Bazı PGPR'lar, ACC deaminaz enzimi tarafından ACC' yi amonyak ve -ketobutirata hidrolize eder ve ikincisini bir karbon kaynağı olarak kullanır (Van de Poel ve Van der Straeten, 2014). PGPR, bitki konak ısındaki etilen seviyelerini düşürebilir ve böylece bitki büyümesini arttırabilmektedir (Bal ve ark., 2013; Chen ve ark., 2013). PGPR'lar, ACC deaminaz gen varlığı ile bitkilerdeki etilen seviyesini düzenleyerek biyotik ve abiyotik stres etkilerin azaltılmasında biyolojik bir çözüm olabileceği, son yıllarda dünyada küresel iklim değişikliği nedeni ile önemli bir yerde bulunmaktadır (Saleem ve ark., 2007).

1-aminosiklopropan-1-karboksilat deaminaz enzimine sahip PGPR rizobakteri, etilen seviyelerini d ş r rek, tuz toleransını indüklemekte ve bitkilerdeki kuraklık stresini azaltarak bitki büyümesini ve gelişmesini kolaylaştırmıştır (Backer ve ark., 2018; Zahir ve ark., 2008). *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Raltonia*, *Serratia* ve *Rhizobium* suşları ACC deaminaz aktivitesi gösteren suşlar olarak belirtilmiştir (Backer ve ark., 2018).

Fitopatojenik mikroorganizmaların (virüs, mantar, bakteri vb.) etkileri, yüksek tuz konsantrasyonu, ağır metal, radyasyon, aşır sıcaklık, poliaromatik hidrokarbonlardan kaynaklanan vb. stresin neden olduğu etkilerin ACC deaminaz üretici bakteriler ile hafifletildiği belirlenmiştir (Glick, 2012).

Ozmoprotektanlar: Bitkiler olumsuz çevre koşullarında zararlı etkilerden korunmak için birtakım mekanizmalar geliştirir. Bu mekanizmalardan biri de bitkilerin bazı organik madde veya bileşikleri fazla miktarda üreterek stres faktörlerine karşı dayanıklılık sağlanmış olmasıdır. Bu tolerans mekanizmalarının oluşmasında glutamat, glutamin, prolin, alanin gibi aminoasitler; sükroz, trihaloz, poliglikosil granülleri ile glisinbetain gibi dörtlü aminleri içeren ozmolitler başta gelmektedir (Crowe ve Crowe, 1992).

Strese faktörlerine karşı sentezlenen bu ozmolitler, hücreleri veya dokuları su kaybına (desikkasyon) karşı koruduğundan ozmotik koruyucu (ozmoprotektan) olarak isimlendirilmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007). Yapılan çalışmalarda PGPR uygulamalarının bitkide prolin miktarını arttırabildiği bildirilmiştir (Chakraborty ve ark., 2013). Kuraklık stresi şartlarında bitkilere PGPR uygulamaları ile prolin sentezini arttırmakta; ayrıca bitkilerin turgor durumunu koruyarak membran sağlığını korumaktadır (Ansary ve ark., 2012; Chakraborty ve ark., 2013; Sarma ve Saikia, 2014).

Antioksidatif enzimler: Kuraklık stresine maruz bırakılan marulda *Pseudomonas mendocina* uygulaması ile bitkide antioksidan enzim seviyesinin artarak strese karşı toleransın arttığını gözlemlemiştir (Kohler ve ark., 2008).

Stres altındaki canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de stres karşısında serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidant miktarları ve antioksidant enzim aktiviteleri yüksek olduğunda, o bitkiler oksidatif zararlanmaya karşı dayanıklılık geliştirmektedir. Bitkideki kloroplastlar, toksik oksijen türevlerine karşı antioksidatif savunma sistemlerine sahiptir. Bu antioksidantlar ise vitamin E, vitamin C, glutatyon ve karotenoidler (beta-karoten ve zeaxanthin) olarak sıralanır (Karanlık, 2001). En etkin antioksidatif enzimler; süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT) gibi enzimler olarak bilinmektedir (Çakmak ve Marschner, 1992; Çakmak, 1994; Gossett ve ark., 1994).

Ispanak bitkisinde kurak şartlarda PGPR uygulamasının yapraklardaki antioksidan enzim aktivitesini arttırdığı bildirmişlerdir (Çakmakçı ve ark., 2007b).

Sidereför üretiminde: Mikroorganizmaların enerji metabolizmalarında önemli bir rol oynayan Fe, toprakta kullanılabilir serbest iyon halinde sınırlı oranda bulunur. Bu durum demirin toprakta güç çözünen ferrik hidroksit polimerleri halinde bağlanmış olmasından kaynaklanır. Asit nitelikli topraklarda demir polimerleri çözüneceğinden yeterince demir iyonu bulunacaktır. Oysa, bazik karakterli topraklarda çözünürlük azalacağından demir iyonu konsantrasyonu düşecektir ve mikroorganizmalar arasında azalan bu demir için rekabet doğacaktır. Toprakta sınırlı miktarda bulunan demiri alabilmek amacıyla bakteri, fungus ve bitkiler ekstraselüler olarak düşük moleküler ağırlıkta demir iyonları için yüksek uyuma sahip suda çözünebilen moleküller olan sideroforları sentez ederler (Altın ve ark., 2005).

Mikroorganizmalar sidereför olarak adlandırılan pigment proteinlerinden faydalanarak demir ihtiyaçlarını karşılar. Yetiştiricilik yapılan Fe bakımından fakir topraklar sidereför üreten mikroorganizmalarla demir alımında üstünlük göstererek patojenleri baskılayabilirler (Leong, 1986).

Bakteriler metal bulunan ortamlarda yaygın olarak bulunurlar ve ağır metallere tutunarak birikirler. Gram pozitif bakterilerin hücre duvarları metal bağlama özelliğine sahiptir. Bazı bakteriler metal bağlayan polisakkarit üretirler. Buna ilaveten manganez, nikel ve demir gibi metalleri özel reseptörlerle yoluyla absorbe ederler. Demir bulunan ortamda, bakteriler ferrik demiri bağlayan ve taşıyan sideroför üretirler. Bu sideroforlar mineral ya da organik maddelerden demirin hücre dışında çözünür duruma getirilmesinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Sideroför üreten bazı önemli bakteriler *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio anguillarum*, *Aerobacter aerogenes* ve *Mycobacterium tuberculosis*'dir (Crosa ve Walsh, 2002).

Sideroforlar ağır metal birikimi, pas, boya giderimi ve kanalizasyon sularının temizlenmesi gibi değişik çevresel sorunları çözme yeteneğine sahiptirler. Sideroforlar demirin çözülmesinde önemli bir rol oynarlar. Gram pozitif bakterilerin hücre duvarının metal bağlama özelliği oldukça güçlüdür. Metallerden örneğin, manganez (Mn), nikel (Ni) ve demir (Fe), belirli reseptörler boyunca emilirler. Ortamda demir yetersizliği durumunda, bakteriler ferrik demiri (Fe-III) bağlayan sideroforları üretirler. Sideroför üreten bakteriler ağır metaller ile kontamine olan çevreden ağır metallerin

fitoekstraksiyonuna yardım etmede kullanılmaktadırlar (Sunita ve ark., 1994; Bezbaruah ve Saikia, 1998).

Farklı bitki türlerinde PGPR'lar ile yapılan çalışmalar

Bacillus ve *Pseudomonas* spp. rizobakteri ırklarının strese toleransını belirlemek için üç farklı stres faktörünün (yüksek sıcaklık, tuzluluk ve kuraklık) incelendiği bir çalışmada stres faktörlerinin hepsine *Pseudomonas* ırklarının *Bacillus* ırkından daha az toleranslı olduğu ve *Pseudomonas* ırklarının diğer iki strese göre kuraklığa toleransının daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Praveen Kumar ve ark., 2014).

Yang ve ark., (2008), Kuzey Kore'de yapılan bir çalışmada uyguladıkları PGPR bakterilerin, kuraklık stresine ve tuza karşı bitkilere dayanıklılık kazandırarak ve azot, fosfor gibi bitkiler için gerekli olan elementlerin bu bakteriler aracılığı ile alınabilirliğini artırarak bu sayede kimyasal gübre kullanımı ve bu tür streslerde PGPR'lar etkili olabileceğini bildirmişlerdir. Abiyotik stres faktörlerinden olan düşük sıcaklık ve don zararında da mikroorganizmaların farklı etkileri olabilmektedir. Don stresinde bitkide enzim üretimi azalmakta, bitki içindeki su donmakta ve hücreyi geri dönüşümsüz olarak parçalayarak, proteinlerin denatüre olmasına sebep olmaktadır. PGPR uygulaması ile bitkide biriken katalaz, peroksidaz ve SOD gibi enzimlerin miktarı artarak bitkinin don stresine dayanımını artırmaktadır (Turan ve ark., 2006, 2007, 2013; Eşitken ve ark., 2006).

Pek çok araştırmacı, PGPR'ın büyümeyi ve verim artışını teşvik edebileceğini (Gül ve ark., 2007; Dursun ve ark., 2008; Seymen ve ark., 2010; Numan, 2018; Cordero, 2018), yaprak ve meyve ağırlığını artırabileceğini (Kıdoğlu ve ark., 2008), büyümeyi artırabileceğini belirlemiştir. Kök, gövde, bitki ağırlığı ve protein oranı (Çakmakçı ve ark., 2008; Karthikeyan ve ark., 2010), sürgün oranı, kök oranı ve bitki kuru ağırlığında artış (Çakmakçı ve ark., 2005; Ahn ve ark., 2007) gözlemlenmiştir. Yine bazı *Bacillus* ve *Pseudomonas* türlerinin domates, biber, fasulye, ayçiçeği, şekerpancarı, tütün, muz, bürülce, yer fıstığı, hıyar, Arabidopsis bitkilerinde hastalığa sebep olan bazı virüslerin kontrolünde başarı gösterdiklerini bildirilmiştir (Şevik, 2010).

Bahçe bitkilerinde yetiştiriciliği yapılan bazı tarım ürünlerinde PGPR'ların etkinliği domates (Gagne ve ark., 1993; Mayak ve ark., 2004; Woitke ve ark., 2004), marul (Han ve Lee 2004;), turp (Yıldırım ve ark., 2008), karnabahar (Çelik, 2023), brokoli (Sufredy, 2020) ve ıspanak (Dursun ve ark., 2008; Yüksel, 2023)'ta araştırılmıştır.

Pseudomonas cinsi bakterilerden *P. putida* ve *P. fluorescens* bakteri suşları marul ve domateste kök ve sürgün gelişimini; marul, turp, fasulyede ise bitki gelişimi ve ürün veriminde kontrolle kıyaslandığında istatistikî olarak farklar önemli bulunmuştur. Özellikle *P. putida* gövde ve kök gelişimini aynı oranda teşvik etmiştir (Rodriguez ve Fraga, 1999).

Çin'de mikrobiyal gübrelerin oluşturulması ve formülasyonun geliştirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, MG sadece uygulamaları veya kimyasal gübrelerle uygulamalarının toprak verimliliği, bitki verimi ve bitki koruma yönüyle etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar MG ile ilgili daha geniş araştırmaların yapılmasını önermiş çalışmaların devam edilmesi gerekliliğini vurgulamışlardır (Li ve Zhang, 2000).

Hultberg ve ark. (2000), *P. fluorescens* 5014 suşu ve onun 2,4- diacetyl phloropglucinol üretme yeteneğine sahip 5-2/4 mutantının domates fidelerinde *Phythium ultimum*'a karşı etkisi araştırılmışlardır. Denemede çalışılan PGPR suşlarının domates tohumlarına uygulanmasıyla bitki ağırlığında artış, dahası hastalık şiddetinin ve kökteki fungal kolonizasyonunun azaldığı sonucuna varılmıştır.

Domates bitkisinde yapılan bir çalışmada bazı büyümeyi teşvik eden rizobakterilerle inokule edilen bitkilerin 55. günde 9 gün aralıkla su taşkınına maruz bırakılarak deneme yürütülmüş. Abiyotik bir stres faktörü olan su taşkını stresine ACC deaminaz enzimi üreten rizobakterilerle inokule edilen domates bitkilerinde oldukça iyi dayanıklılık ve tolerans sağladığı sonucuna varılmıştır (Grichko ve Glick, 2001).

Seçilmiş bazı bitkilerde (fasulye, patlıcan, domates ve lahana) tohuma uygulama yöntemi ile antibiyotik ve hidrojen siyanit üreten, *Bacillus* BS2, tohumlarda çimlenmeyi ve bitki gelişimini attırmıştır. Bunun yanında *Bacillus* BS2 uygulanan bitkilerde kontrol uygulamasına göre % 10-49 oranında verim artışı sağlanmıştır (Deka Boruah ve Dileep Kumar, 2003).

PGPR'ların çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, Mg, N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta absisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine yarar sağlayacağı bildirilmiştir (Lucy ve ark., 2004).

Oral ve ark. (2006), tarafından Erzurum'da yürütülen araştırmada ahududu (*Paenibacillus polymyxa* RC14, *Bacillus subtilis* RC11 ve *Bacillus cereus* RC18), buğday ve arpa (*Bacillus megaterium* RC07, *Bacillus licheniformis* RC08, *Pseudomonas putida* RC06, ve *Paenibacillus polymyxa* RC05), biber (*Bacillus* M-13) ve domates (*Bacillus* OSU-142) rizosferinden izole edilerek tanımlanmış 9 bakteri izolatu buğday ve ıspanak tohumlarına inokule edilmiş. İzolatların bitki enzim aktivitesinde bakılmış. Genç bitki yapraklarından alınan bitki örneklerinden homojenat hazırlanarak, glutatyon S-transferaz (GST, EC 2.5.1.18), 6-fosfoglukonat dehidrogenaz (6PGD, EC 1.1.1.44), glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD, EC 1.1.1.49), glutatyon redüktaz (GR, EC 1.8.1.7) ve enzimlerinin aktivite değerleri belirlenmiştir. Araştırmaya göre bakteri aşılama ıspanak ve buğday gelişimi ve enzim aktivitesi üzerine önemli etki gösterdiği belirlenmiştir. *Paenibacillus polymyxa* RC14 ve RC05, *Pseudomonas putida* RC06 bakterileriyle uygulama yapılan buğday örneklerindeki GST ve GR enzim aktivitelerinde önemli bir artış olduğu tespit edilmiştir. En yüksek G6PGD ve 6PGD aktivitesi ise *Paenibacillus polymyxa* RC05 uygulamasında gözlemlenmiştir.

PGPR'lar tohumlara daldırma, aljinat kapsülleme ve tohum kaplama gibi farklı yöntemlerle uygulanırken (Reed, 2005; Bashan, 1998), fidelere kök daldırması veya yaprak spreyleme yöntemleri ile uygulanmaktadır. Yapılan çalışmada tohumlara uygulanan bazı PGPR suşları, *Fusarium* spp., *Didymella bryoniae* ve *Myrothecium* semptomlarını önemli ölçüde azaltmış, böylece karpuzda tohum çimlenmesi ve fide gücü artmıştır (Lokesh, 2007).

Diğer taraftan PGPR'lar domateste bitki gelişiminde (Kim, 1998; Turan, 2004; Ordookhani, 2010) ve ayrıca domates ve biberde verim artışında (Cuppels, 1999), hıyarda (Yıldırım, 2015; Gül, 2013), turp (Yıldırım, 2008; Mohammed, 2012; Lara, 2013), biber (Silva, 2014), marul ve patlıcan (Fu, 2010; Patel, 2011). Domates fidelerinin PGPR ile aşılmasının verim ve meyve kalitesi parametrelerini artırdığı bildirilmiştir (Mena-Violante, 2007).

B. subtilis ile muamele edilen domates bitkilerinde, verim ve meyve kalitesinde (sertlik, büyüklük) kontrole kıyasla artış olduğu belirtilmiştir (Mena-Violante ve Olalde-Portugal, 2007; Bochow ve Dolej, 1999). Mena ve Olalde (2007) ise *Bacillus subtilis* BEB-13bs izolatının, meyve ağırlığını arttırdığını, bitki başına verimi, pazarlanabilir verimi; domates meyve kalitesi özelliklerine kısmen de, meyve büyüklüğüne ve tekstürüne pozitif etkisinin olduğunu rapor edilmiştir.

Küsek ve ark. (2007), yılında asmalarda urlara neden olan *Agrobacterium vitis*'in PGPR'larla biyolojik mücadelesini araştırmıştır. Adana, Mersin, Hatay, Osmaniye, Gaziantep ve Kahramanmaraş illerindeki bağlardan izole ettiği aday PGPR izolatlarının 63 tanesinin katı NBRIB besiyerinde fosforu çözdüğünü belirlemiştir. Araştırmacılar bu izolatlar arasında nicel olarak en çok fosforu çözen 10 izolatı saksı çalışmalarında kullanmıştır. Bu izolatlardan beş tanesi *Agrobacterium vitis*' in asmalarda oluşturduğu urların ağırlığını % 45 ile % 98 arasında değişen oranlarda azaltmıştır.

Baş salata fidelerinin gelişimine Kök bakterilerinin etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 6 farklı kök bakterisi suşu (180: *P. putida*, 70: *P. fluorescens*, 21/1K: *Enterobacter cloacae*, 66/3: *Bacillus* spp., 18/1K: *P. putida*, 62: *Serratia marcescens*), 2 farklı ticari preparat (*B. amyloliquefaciens* FZB24, *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42) ve kontrol uygulaması ile karşılaştırılmıştır. Kök bakterilerinin fidelerin toprak üstü aksamını ve kök gelişimini arttırmada etkili olabileceğini rapor etmişlerdir. Test edilen uygulamalar arasında ticari preparat *B. amyloliquefaciens* FZB24 ile yerel suşların 18/1K (*P. putida*), 66/3 (*Bacillus* spp.) ve 70 (*P. fluorescens*)'nın baş salata fidelerinin gelişimini arttırmada en etkili uygulamalar olduğu saptanmıştır (Kıdoğlu ve ark., 2007).

Başka bir çalışmada ise kök bakterilerinin (70: *P. fluorescens*, 18/1K: *P. putida*, 66/3: *Bacillus* spp.) perlit (inorganik-inert), hindistan cevizi lifleri (organik) ve klinoptiolit (inorganik- katyon değişim kapasitesi yüksek) gibi farklı topraksız ortamlarda ve tarla koşullarında yetiştirilen baş salata bitkilerinin gelişimine etkisini belirlemek üzere yürütülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre kök bakterilerinin kolonizasyonun substrata bağlı olarak değiştiği, hindistan cevizi torfu ve klinoptiolitin bu açıdan perlitten daha iyi olduğu doğrulanmıştır. Topraksız kültürde önemli bulunmazken, tarla koşullarında kök bakterilerinin kontrole kıyasla baş salata verimini önemli düzeyde arttırdığı

saptanmıştır. Kontrole kıyasla verim artışı 70’de % 30,7, 18/1K’de % 37,8 ve 66/3’de % 49,5, düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Gül ve ark., 2008).

PGPR’la ilgili yapılan bir çalışmada, farklı kök bakterilerinin domates bitkisinde verime etkisine araştırılmış ve *Bacillus* spp. ırk 66/3’ün kontrole kıyaslandığı zaman domates verimi üzerine sonbaharda %37 ve ilkbaharda %18 düzeyinde bir artışına neden olduğunu belirlenmiştir (Kıdoğlu, 2008).

Marulun bitkisel gelişimine ve marul yaprak leke hastalığına etkisi Erzurum’da yapılan bir çalışmada araştırılmış. Hastalığın biyolojik kontrolüne olanak sağlayabilecek potansiyel PGPR ve biyoajan bakteriler tespit edilerek sera şartlarında etkinlikleri gözlenmiştir. 40 bakteri suşu iki farklı familya ve 8 farklı cinse mensup olarak seçilmiş, bu suşların klasik ve moleküler yöntemlerle tanıları yapılmış; bunun yanı sıra azot fiske etme, fosfat çözme ve patojeni baskılama yönünden etkinlikleri test edilmiştir. Bu testlere göre etkili olduğu gözlemlenen suşlar sera koşullarında denenmiştir. Çalışma sonucunda marulun bitkisel gelişimi üzerine olumlu etkileri gözlemlenen ve hastalık gelişimini baskılama yeteneğine sahip izolatlar belirlenmiştir. *Bacillus megaterium* KBA-10’un biyoajan ve PGPR; yine hastalık gelişimini önemli ölçüde baskılayan *Pantoea agglomerans* RK-198’in KBA-8 ve biyoajan; tohum dezenfeksiyon çalışmalarında avantajları tespit edilen *Pantoea agglomerans* RK-32’nin ise yine biyoajan olarak marul bitkisinde başarı ile kullanılabileceği gözlemlenmiştir (Karagöz, 2009).

B. megaterium M-3 uygulaması yapılan ıspanak bitkilerinde kontrole göre yaprak alanında, kök ve gövde yaş ağırlıklarında önemli oranda artış sağlamıştır (Çakmakçı ve ark., 2009).

Dolmalık biber yetiştiriciliğinde uygulanan bakteri sonucunda Fe 43 ve F 21/3 bakteri uygulamalarının verim ve meyve kalitesi üzerine olumlu etkilerinin olduğunu bildirilmiştir (Seymen, 2010).

Patlıcan bitkisinin kök bölgesindeki topraktan elde edilen izolatların siderofor, proteaz ve siyanid üretme özellikleri açısından değerlendirildiği çalışmada, PGPR özellikleri bakımından başarılı bulunan izolatların 14’ünün *in vitro* koşullarda *Fusarium*

oxysporum f.sp. *melongenae*' nin gelişimini engellediği tespit edilmiştir (Yıldız ve ark., 2012).

P. floresan (SS5) uygulamaları, saksılarda yetiştirilen domates veriminde % 19 artış sağlarken, tarlada yetiştirildiğinde % 57' verim artışı tespit edilmiştir. Aynı zamanda, aşılınmış bitkilerde aşılınmamış bitkilere göre daha fazla bitki başına meyve sayısı elde etmişlerdir (Ramakrishnan, 2012).

Liu ve ark. (2013), üç farklı koleksiyon halindeki PGPR izolatların biyokontrol potansiyellerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, 25 izolatın farklı agar tiplerinde 9 patojenin gelişimini engellediğini tespit etmişlerdir. 16s rDNA dizilim analizi sonuçlarına göre bu izolatların 3 cinse (*Bacillus*, *Brevibacillus* ve *Paenibacillus*) ait olduğunu tespit etmişlerdir.

Sera biber yetiştiriciliğinde uygulanan bakteri sonucunda N 52/1 uygulaması mineral bileşimi ve verimlilik açısından olumlu sonuçlar verirken, N 17/3, F 21/3 ve 637 Ca uygulamalarının sera biber yetiştiriciliğinde değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir (Seymen, 2013).

Marul ve domates tohumlarının çimlenme özellikleri, PGPR suşu bulaştırılması ile önemli ölçüde geliştirilmiş. PGPR ayrıca bitki büyüme düzenleyicileri (PGR) üretmek ve böylece metabolik özellikleri arttırmak için önemli bir rol oynar (Mangmang, 2014). *Burkholderia tropica* ile fide bulaştırma işleminin, domates bitkilerinin etkili kök kolonizasyonuna yol açtığını göstermiştir. Ayrıca, kolonizasyon, iki farklı dönemde yapılan domates üretiminde tutarlı bir verim artışına yol açmıştır (Benabeu, 2015). Diğer taraftan, domates rizosferinden elde edilen PGPR, domates bitkilerinin büyümesine, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, taze ağırlık, kuru ağırlık artışına ve P alınımını kolaylaştırmıştır (Walpola, 2013).

Iğdır ili volkanik, kumlu ve tuzlu topraklardan elde edilen 25 PGPR bakteri ırkının domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitkisinin gelişimine etkisini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütülmüş. İzole edilen bakterilerin tanısı Mikrobiyal Tanılama Sistemi (MIS) kullanılarak gerçekleştirilmiş. *B. atrophaeus*, *B. gordonae*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. sphaericus*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis kurstakii*, *B. viscosus*, *Brevibacillus centrosporus*, *Brevibacillus choshinensis*, *Chryseomonas*

luteola, *Microbacterium lacticum*, *Micrococcus luteus*, *Micrococcus lylaei*, *Pseudomonas balearica*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, *Pseudomonas putida*, *Sphingobacterium faecium*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Staphylococcus cohnii cohnii*, *Staphylococcus gallinarum* ve *Virgibacillus pantothenicus* olmak üzere 14 tür tanımlanmıştır. Bakteri uygulamalarının ele alınan parametreleri gübre ve hiç uygulama yapılmayan kontrol bitkilere kıyasla önemli düzeyde arttırdığı ve en yüksek etkinin *Bacillus* spp. türlerinde olduğu tespit edilmiş (Dönmez ve ark., 2015).

Selçuk Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada Sandes F1 hıyarının besin elementi içeriğine farklı bakteri uygulamalarının etkileri araştırılmıştır. Araştırmada yedi bakteri (kontrol, MfdCa1, N-17/3, FE-43, N-52/1, 637 Ca ve F-21/3,) denenmiştir. Araştırma sonucunda FE-43 bakteri uygulamasından 12.545 kg/da, kontrolden 11.237 kg/da ve N-17/3 bakteri uygulamasından 12.002 kg/da gibi bir verim artışı elde edilmiştir. MfdCa1 bakteri uygulamasında toplam P ve K miktarı da N ile paralellik göstermiş ve en iyi sonuç olarak elde edilmiştir. Ca miktarına bakıldığında yapraktaki en yüksek kalsiyum MfdCa1 bakteri uygulamasından elde edilirken, kök ve meyvedeki en yüksek Ca Fe-43 bakteri uygulamasında görülmüştür. Toplam Mg miktarı bakımından ise MfdCa1 bakteri uygulamasında en iyi sonuç alınmıştır. Kök, yaprak ve meyvelerde en yüksek N içeriği MfdCa1 bakteri uygulamasından elde edilirken, en düşük değer N-52/1 bakteri uygulamasında tespit edilmiştir. Diğer elementlere incelendiğinde en iyi sonuçlara; Zn kontrol uygulamasında, Fe N-17/3 bakteri uygulamasında, Mn kontrol uygulamasında, Cu köklerde MfdCa1, yapraklarda F-21/3 ve meyvede N-52/1 bakteri uygulamasındada, B MfdCa1 bakteri uygulamasından sonuç alınmıştır (Seymen ve ark., 2013).

Fasulyeden (*Phaseolus vulgaris*) izole edilen *Rhizobium leguminosarum* PEPV16 suşunun *in vitro* ortamda bitki büyüme ve gelişme mekanizmaları araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre bu bakterilerin fosfat çözme özelliğinin varlığı pozitif sonuç olarak alınmış, *Daucus carota* L. (havuç) ve *Lactuca sativa* L. (marul) köklerinde koloni oldukları görülmüş ve ayrıca PEPV16 suşunun her iki bitki türünün yenilebilir kısımlarında P ve N' nin alımını arttırdığı, havuç ve marul köklerinin kuru maddesini artırarak aynı zamanda da bitki büyümesini teşvik ettiği saptanmıştır (Flores-Félix ve ark., 2013).

Seymen (2014) yaptığı çalışmada, domatese toplam 10 farklı 52/1-e43, 21/3F, 17/3N, e43 F, 637 Ca, 52/1, 21/3+637Ca, 52/1 Zeatin bakteri ırkları, Mfdca1'den oluşan uygulama yapmıştır. Çalışmada verim 4.603,4 kg/da arasında değişmiş ve 7.409,9 kg/da , 21/3F, 52/1, 21/3+637 Ca uygulamaları ön plana çıkmış. Ortalama meyve ağırlığı 131,48 gr'dan 183,00 gr' a 17/3N uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir. Bitki boyu 197,5 cm ve 212,2 cm arasında; 21/3 + 637 Ca, 52/1 Zeatin, 17 / 3N, yer almıştır. Bitki internod uzunluğu 8,0 ile 8,3 cm arasında ve kontrol en yüksek değere sahip olarak bulunmuştur. Kök boğazı çapı 15,9 mm ile 19,7 mm arasında değişmiş ve 21/3+637 Ca en yüksek değere sahip olmuştur. Genel olarak, çalışma sonuçları farklı uygulamalar üzerinde, 21/3F, 21/3+637 Ca ve 17 / 3N öne çıkmıştır. Domatesin verim ve verim bileşenleri; 637 Ca, E43F ve 21/3+637 Ca uygulamaları domatesin mineral içeriği üzerinde olumlu etkiler göstermiştir.

Ahirwar ve ark. (2015), saksı ve tarla denemelerinde domates bitkisinin büyümesini ve verimini arttırmada PGPR'ların rolü araştırılmıştır. Domates bitkilerinin rizosferinden toplam 28 *P. fluorescens* suşu izole edilerek biyokimyasal ve morfolojik özelliklerine dayalı olarak karakterize edilmiştir. Bitki gelişimini teşvik etme aktiviteleri test edilmiştir. Ekimden 70 gün sonra bitkisel parametrelere bakılmış; yaprak alanı, yaprak ağırlığı, bitki başına meyve ve çiçek sayısında önemli oranda artış tespit edilmiştir. Bakteri uygulamasında 209 gr' kontrolde ise bitki başına 175 gr olarak verim belirlenmiştir. Tarla denemesi sonucunda bakteri uygulamalarının bitkinin fizyolojik verim parametrelerini olumlu yönde etkilediği, toplam meyve verimini %57 oranında yükselttiği, verimi arttırdığı belirlenmiştir. Kontrol grubunda yaprak alanı 537 cm², gövde 3,96 gr, kök 1,49 gr, ve yaprak ağırlığı 5,23gr, bitki başına çiçek 7adet ve meyve sayısı 14adet olarak belirlenmiştir. Belirtilen özellikler bakteri uygulamasında 886 cm², 7,36 gr, 2,34 gr, 8,61 gr, 14 ve 22 değerinde bulunmuştur. *P. fluorecens*'in IAA, HCN, fosfatı çözdüğü, ve siderofor ürettiği tespit edilmiştir. *P. fluorecens* SS5 suşunun domateste sürgün/kök uzunluğunu, total meyve verimi, bitki başına meyve verimi ve ağırlığını belirgin şekilde arttırmış, verimi ve bitki gelişimini en iyi arttıran bakteri suşu olarak tespit edilmiştir.

Biyogaz bulamacı ve *P. fluorescens* kombinasyonu domateste daha yüksek sürgün taze ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, kök taze ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve toplam verim ile sonuçlanmıştır (Ahamd, 2015).

Hıyarda yapılan çalışmalarda rizobakterilerin bitki büyümesi ve verimi üzerine olumlu etkileri birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Kang, 2014; Sturz, 2000). GPR uygulamalarının, hıyarda fide yüksekliği, gövde çapı, yaprak sayısı, kotiledon çapı, yaprak alanı, sürgün ve kök ağırlığını önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Kidoğlu, 2007; Yıldırım, 2015).

PGPR'ların mineral elementlerin alımında, bakteri suşları, uygulama dozları, bitki türleri ve toprak verimliliği gibi birçok faktörün etkin rol oynadığı bilinmektedir. Hıyarda yapılan bir çalışmada, yapraktan püskürtülerek uygulanan PGPR'lar N, P ve K alımları üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Farrag, 2015).

Organik marul üretiminde bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin etkilerinin incelendiği Ege Üniversitesi'ndeki çalışmada, polietilen sera içerisinde PGPR suşlarının tohum çimlenmesinde ve fide gelişiminde olumlu etkisinin olduğu bildirilmiştir (Malkoclu ve ark., 2016).

Sydney Üniversitesi'nde *Burkholderia phytofirmans*, *Herbaspirillum serpedicea*, ve *Azospirillum brasilense* suşları ile inokule edilen marul tohumlarında *B. phytofirmans* hariç diğer uygulamaların marulun kök uzunluklarında % 26 artış, çimlenme hızını artırdığı tespit edilmiştir (Mangmang ve ark., 2016).

Van ekolojik şartlarında farklı kavun (*Cucumis melo* L.) çeşitlerinde PGPR kullanımının kalite ve verim üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen denemede CC44 (*Pseudomonas fluorescens*), CC378/2 (*Pantoea agglomerans* ve FZB42 (*Bacillus amyloliquefaciens*) izolatları ve Napolyon F1, BT Akhisar, Kırkağaç 637, Lokum F1, Ananas kavun ve Lokma F1, çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada, PGPR uygulamalarının kavun bitkisinde, yaprak ayası uzunluğunu % 12,9, ana gövde kalınlığını % 9,2 , yaprak yaş ağırlığını % 12,8 , yaprak kuru ağırlığını % 12,9 , yaprak sapı uzunluğunu % 8,3 ,bitki başına ortalama meyve verimini % 39,1, ortalama meyve ağırlığını % 21,9, meyve boyunu % 9,2, meyve enini % 7,4, meyve eti kalınlığını % 17,6, toplam dal uzunluğunu % 13,2 ve ortalama dal sayısını % 21,1 oranlarında artırdığı belirlenmiştir (Türkoğlu, 2016).

Atatürk Üniversitesi'nde yürütülen önceki çalışmalardan elde edilen üç farklı (B1, B2 ve B3) bakteri biyoformülasyonu üzerine Gaziantep'te bir araştırma yapılmıştır.

Mikroorganizmaların biyoformülasyonu yabani ve kültür bitkilerinin toprak altı veya toprak üstü aksamlarından izole edilerek tanılanan, toplam 1.248 bakteri izolatu içerisinde seçilen *Pseudomonas*, *Pantoea*, *Agrobacterium*, ve *Bacillus* türlerine ait toplam 19 adet bakteri izolatu kullanarak belirlenmiştir. Bu biyoformülasyon uygulamaların bazı enzim (polifenol oksidaz, peroksidaz, superoksit dismutaz ve katalaz) aktiviteleri üzerine etkileri, klorofil düzeyi ve bitki boyuna etkisi araştırılmış. Tüm bakteri formülasyonu uygulamalarına sarımsak (*Allium sativum* L.) dişleri daldırılarak saksılara ekilmiş. Kontrole göre sarımsakta bitki gelişiminde önemli katkılar sağladığı belirlenmiştir. Denem sonucunda elde edilen formülasyonların sarımsak tarımında mikrobiyal gübre olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Esringü ve ark., 2016).

Naikofi ve ark. (2017) tarafından Timor Üniversitesinde yapılan çalışmada kıvırcık marulda PGPR uygulamalarının kök kuru ağırlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve iki haftada bir kez yapılan PGPR uygulamaları ile biomas olarak en ağır marul 253,71 gram olarak hasat edilmiştir.

Kahramanmaraş'ta yapılan çalışmada kırmızı biber üretim alanlarından elde edilen ZHA246 (*Mycobacterium confluentis*), ZHA287 (*B. subtilis* sub.sp), ZHA090 (*B. pumilus*), ZHA017 ve ZHA057 (*Mycobacterium immunogenum*), ZHA088, ZHA178, ZHA212, ZHA569 ve ZHA215 (*Tsukamurella paurometabola*), ZHA308 (*Pseudomonas viridilivida*), ZHA296 (*Paenibacillus castaneae*), ZHA191 (*P. fluorescens*), ZHA579 ve ZHA235 (Tanımlanmamış) rizobakteri izolatlarının serada yetiştirilen dolmalık biberlerde (*Capsicum annuum* L.) verim ve bitkisel özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. EMA PLUS ve DİCO ticari preparatları şahit, bakteri uygulanmayan parseller ise kontrol uygulamaları olarak belirlenmiştir. Rizobakterilerin bitkilerin beslenme durumlarına etkisini görmek için gübreli ve gübresiz uygulamalar yapılmıştır. Araştırmanın morfolojik verilerine göre kök uzunluğunda ve meyve ağırlığı ZHA 178; meyve sayısı, verim ve meyve uzunluğunda ZHA090; kök yaş ve kuru ağırlığında ZHA235; meyve genişliğinde ZHA088; meyve eti kalınlığında ZHA246; yaprak genişliğinde ZHA057; sürgün yaş ağırlığında ZHA191; yaprak yaş ve kuru ağırlığında ZHA296 yaprak uzunluğunda ZHA287; sürgün kuru ağırlığında ZHA569; rizobakterileri diğerlerine oranla daha iyi olduğu görülmüştür. Meyve sayısında

ZHA090 en başarılı olmuş, tüm özelliklerde ilk sırada ise ZHA191 izolatu tarımsal öğelerin vazgeçilmezi olan verimde önemli bulunmuştur (Telek, 2019).

Erciyes Üniversitesi'nde organik tarım şartlarında, bitki gelişimini teşvik eden rhizobakterilerin, domates bitkisinin verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada *Azospirillum* sp-245, *Burkholderia cepacia*, *Paenibacillus polymxa*, *Bacillus megaterium* M-3, bakteri ırkları, toprak, kök bölgesi ve yaprak olmak üzere 3 farklı yöntemle uygulanmıştır. Domates bitkisinde PGPR'ların gelişime etkisi uygulama yapılan bakteriye ve değerlendirilen kalite parametresine göre değişkenlik göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek verim *B. megaterium* M-3 bakterisinin yapraktan uygulaması ile 1.533 kg/da olarak elde edilmiştir. Yaprak uygulamasında *B. megaterium* M-3 bakterilerinin kontrol parseline göre verimi yaklaşık olarak % 20 oranında artırdığı görülmüştür. Bakterilerin meyve özelliklerine bakıldığında ise meyve (eni, boyu ve ağırlıkları) üzerinde önemli bir etki yapmadıkları ancak yapraktaki bitki besin elementi miktarı, titre edilebilir asitlik oranı, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM), C vitamini, meyve pH'sı, değerlerini artırdıkları tespit edilmiştir (Yağmur, 2019).

Chakra ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada; mısır (*Zea mays*) bitkisinin rizosfer bölgesinden toprak örneği alarak bakterileri izole etmişlerdir. İzole edilen 30 bakterinin 4 tanesinin (*B. brevis* SP-01, *B. brevis* SP-02, *B. brevis* SP-03 ve *B. aeolius* SP-04) Gram (+), çubuk şekilli, katalaz (+), oksidaz (+), sitrat (+), indol (-), glikoz ve mannitol fermentasyonu (+), süktroz fermentasyonu (-) olduğunu; 3 tanesinin (*B. brevis* SP-02, *B. brevis* SP-03 ve *B. aeolius* SP-04) nitrat (+) olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca *B. brevis* SP-03 suşunun maksimum IAA ürettiği ve *B. brevis* SP-02, *B. brevis* SP-03 suşlarının ise maksimum oranda siderofor üretme potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir (Chakra ve ark., 2019).

Alpago (2019) Iğdır'da yaptığı çalışmada, fosfat çözme ve azot fiksasyon özelliği tespit edilen SB29 *Brevibacillus parabrevis*, YÖ19 *Virgibacillus pantothenticus*, SK4 *Herbaspirillum huttiense*, suşlarının BT Şamba kıvrıcık marul üzerindeki etkisi petri ve tarla denemelerinde araştırmıştır. Üç farklı bakteri uygulaması, bunların karışımı olan mix, gübre ve negatif kontrol olmak üzere marul bitkisinde 6 uygulamanın etkisi, *In vitro* ortamda test edilmiş. Bakteri uygulamalarının ortalama çimlenme hızı ve

çimlenme zamanı özellikleri üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. *In vivo* ortamda ise uygulamaların negatif kontrolden iyi sonuç verdiği, bakteri uygulamalarının ise önemli olduğu fakat incelenen parametreler arasında suşlara bağlı olarak sonuçların farklılık gösterdiği görülmüştür. Genel olarak uygulamaların bitki boyu, bitki çapı, gövde çapı, yaprak sayısı, bitki ağırlığı, bitki kuru ağırlığı kök ağırlığı, kök kuru madde oranı kök kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve ham protein oranı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır.

PGPR'lar bitkinin kök aktivitesini artırarak bitkiler tarafından besin elementi alınımını arttırmakta, havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak bitkiye sunmakta, toprak yapısının iyileştirilmesinde düzenleyici olarak rol almakta, ürettikleri fosfataz, fitaz ve C-P liyaz enzimleri ile toprakta bitkiye yararlı formda bulunan fosfatı kullanılabilir forma dönüştürmekte ve potasyumu çözebilme özellikleri sayesinde toprak verimliliğini arttırmaktadır (Mason D'Croz ve ark., 2019; Yilihamu ve ark., 2020; Babalola ve ark., 2021).

Yetiştiricilikte kullanılan fosfor içerikli gübrelerin kaynağı olan fosfat kayası, çiftlik gübreleri ve tarımda kullanılan ilaçların bir kısmı önemli oranda toksik ağır metal içerebilir. Endüstriyel ürünlerden elde edilen organik ve inorganik gübrelerde de ağır metal riski her zaman bulunmaktadır. Daha çok As, Cr, Cd, Hg, Ni ve Pb içeren bu gübrelerin toprağa verilmesi ile toksik metaller kökler aracılığıyla bitkiye alınarak ürüne kadar taşınmaktadır. Bu tür gübrelerin kullanımı sadece toprak verimliliği ve ekosistem üzerinde değil, aynı zamanda besin zinciri yoluyla tüm canlıların özellikle insan ve hayvan sağlığı üzerinde de önemli tehlikeler oluşturmaktadır (Ajilogba ve ark., 2013; Khalid ve ark., 2017; Verla ve ark., 2019; Kotan ve Tozlu, 2021). Aynı zamanda tarım ürünlerinde bulunan kalıntı, bu ürünlerin ihracatını da olumsuz yönde etkilemektedir (Gallo ve ark., 2020).

PGPR'lar sadece bitki hormonları üretimi veya bitkiye mineral alımı sağlayarak verimi artırmazlar. Bir diğer yetenekleri de toprakta çok fazla miktarda kirliliğe sebep olan metalleri şelatlayarak kendi içlerinde metabolize etmeleridir (Helaly ve ark., 2020). Bu yönüyle PGPR'lar sürdürülebilir çevreye önemli katkılar sağlayabilecek potansiyele sahiptir.

Aipova ve ark. (2020) Kazakistan'ın kuzeyinde buğday tarımı yapılan bölgeden aldıkları rizosfer örneklerinden elde ettikleri 24 bakterinin teşhisi için MALDI-TOF MS

yöntemini kullanmışlardır. Bu suşlardan; 4 tanesinin *A. calcoaceticus*, 4 tanesinin *P. koreensis*, 2 tanesinin *S. rhizophila*, 2 tanesinin *Arthrobacter* spp., 3 tanesinin *Bacillus* spp., 1 tanesinin *R. radiobacter*, 3 tanesinin *Pseudomonas* spp., 1 tanesinin *A. cerinus* olduğunu tespit etmişlerdir. İzolatlardan *A. calcoaceticus* 2/5, *P. brassicacearum* 1/7, *P. koreensis* 4/5, *P. koreensis* 3/4, *A. calcoaceticus* 1/5 suşlarının fosfat çözme yeteneklerinin olduğunu, *Azotobacter* spp., *Rhizobium* spp. 2/1, *A. chroococcum* 3/1, *S. rhizophila* 8P, *A. chroococcum* 1/1, *R. nepotum* 2/2, *P. koreensis* 2/1, *B. fumines* 1/1, *P. nitroguajacolicus* 1 suşlarının ise azot fiksasyonu yaptıklarını belirlemişlerdir.

Tirry ve ark. (2021), PGPR ile krom fitoremediasyon (Bitkisel İyileştirme) Teknolojileri ilişkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada; buğday, arpa, yonca bitki rizosferinden 27 rizobakteriyel izolatın, klasik biyokimyasal testleri ve PGPR özelliklerini belirlemek için fosfat çözme, azot fiksasyonu, indol asetik asit, hidrojen siyanür, siderofor ve amonyak üretim testlerini yapmışlardır. Yonca bitkisinin bu dört izolattan herhangi biri ile aşılmasının sürgün ve kök kuru ağırlığını iyileştirdiğini ayrıca sürgün ve kök kuru ağırlıklarını Cr varlığında aşılammış kontrol bitkilere kıyasla sırasıyla %97,6 ve %95,4 arttırdığını belirlemişlerdir.

Çin'in Tengger çölünde yaygın kserofit bir bitki olan *Haloxylon ammodendron* rizosferinden bitki gelişimini teşvik edici *Bacillus* spp. WM13-24 ve *Pseudomonas* sp. M30-35 suşlarını izole eden He ve ark., (2021), bu suşların çavdar otunun (*Lolium perenne* L.) kuraklık stresinin hafifletilmesindeki rolünü araştırmışlardır. *Bacillus* sp. WM13-24 ve *Pseudomonas* sp. M30-35 suşlarının kontrol grubuna kıyasla bitkinin sürgün yaş ve kuru ağırlığını, klorofil içeriğini, toplam azot ve fosfor içeriğini artırdığını ayrıca fitohormon dağılımına etki ettiğini bildirmişlerdir.

Sera koşullarında NPK ve bakteri uygulamalarının fasulye genotiplerinde (Hınıs ve İspir) bitki gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen denemede; kontrol, NPK uygulaması ve 6 farklı *Rhizobium* sp. izolatı (FR-2, FR-4, FR-9, FR-19, FR-20, FR-22) yer almıştır. Araştırma her uygulamada 3 tekrerrür olacak şekilde yürütülmüş. Fasulye bitkisinde bakteri uygulamasının bitki boyu, gövde çapı, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök uzunluğu, yaprak alanı, yaprak sayısı, nodül sayısı, gövde protein oranı ve toplam klorofil miktarını artırdığı tespit

edilmiş. Ancak klorofil miktarı ve kökteki protein miktarı üzerine NPK uygulamasının etkisinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır (Angın, 2022).

Kırşehir ili ve ilçelerinde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı topraklardan 56 farklı cinse ait 142 adet bakteri izole edilmiş, bunların MALDI-TOF MS yöntemi ile tanısı yapılarak PGPR özellikleri (IAA üretimi, azot fiksasyonu, fosfor çözme, siderofor, HCN üretimi), ekstraselüler enzim testleri, ağır metal dirençlilikleri, antifungal aktiviteleri belirlenmiştir. İzolatların içinde özellikle fosfat çözme, azot fiksasyonu, siderofor üretimi bakımından pozitif olan MH 60-3, MH 60-1, MH 63-7, MH 46-9, MH 58-6, MH 53-2, MH 19-2'nin mikrobiyal gübre üretiminde kullanım potansiyellerinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Güler, 2022).

Demirkaya ve Güneş (2022), biberde (Kandil Dolma ve Yalova Çorbacı çeşitleri) tohum üretimi ve tohum kalitesi üzerine azot ile gübreleme ve etkin mikroorganizma (EM) uygulamalarının etkileri incelemiştir. Toprakta bulunan elementlerin alınması üzerine etkilerini görmek üzere deneme 1'de toprağa 0,2 ve 3 L/da EM uygulanmış, 2. Denemede ise toprağa eksik olarak değerlendirilen 2,60 kg/da N verilmiş ve ilave olarak 0, 2 ve 3 L/da EM uygulanmıştır. En yüksek verim sırası ile 68,57 ve 94,90 kg/da ile 3 ml EM +11,5 kg/da + % 100 PK uygulamasından elde edilmiştir. Yalova Çorbacı çeşidinde EM uygulamaları çimlenme oranlarını arttırmış, ortalama çimlenme süresi bakımından istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır. EM uygulamaları tohum performansının bir göstergesi olan çimlenme indeksini her iki çeşitte de arttırmıştır.

Malatya-Arguvan koşullarında sulu ve kuru şartlarda kavun yetiştiriciliğinde bitki gelişimini teşvik edici rizobakterilerin *B. subtilis*, *B. megaterium*, *Enterococcus* spp. ve bu üç bakterinin karışımı olan kokteyl bakteri solüsyonları kullanılmıştır. İnokulasyon, tohumların bakteri solüsyonunda 24 saat bekletilmesi suretiyle yapılmıştır. Kavunda bakteri kullanımının meyve kalitesine etkileri belirlenmiştir. Farklı bakterilerin susuz koşullarda yetiştirilen Kırkağaç637 kavunlarının SÇKM değerlerini önemli seviyede etkilediği bildirilmiştir (Altuntaş, 2022).

Trichoderma harzianum'un fide gelişimine ve kalitesine olan etkilerini belirlemek amacıyla 2022 yılında yapılan çalışmada, uygulamaların tohum çimlenmesine çıkış süresine etkisi araştırılmıştır. Fidelerde fide boyu, kök boyu, hipokotil çapı, yaprak kalınlığı, kök ve vejetatif aksam yaş ve kuru ağırlıkları, kuru madde içeriği, renk,

klorofil indeksi, yaprak makro ve mikro element içerikleri ve kalite indeksi saptanmıştır. Suş2 fide boyu, kök ve yeşil aksam kuru madde içeriği, toplam yaş ağırlık, klorofil, a renk değeri ve P, Ca, Mn, Cu ve Zn içerikleri bakımından diğer suşlardan ve ticari preparat uygulamasından daha iyi performans göstermiş ve fide kalitesini artırmıştır (İkiz, 2022).

Selçuk Üniversitesi'nde yürütülen doktora tez çalışmasında; Konya ve Karaman illerinin abiyotik stres faktörlerinin hâkim olduğu yörelerdeki yabancı bitkilerin rizosfer toprağından izole edilen 110 bakteriden, ACC-deaminaz aktivitesi yönünden 51 izolat pozitif, 59 izolat negatif, azot fikse etme özelliği yönünden 108 izolat pozitif, 2 izolat negatif, fosforu çözme özelliği yönünden 54 izolat pozitif, 56 izolat negatif, potasyumu çözme özelliği yönünden 1 izolat zayıf pozitif, 109 izolat negatif, kalsiyumu kullanma özelliği yönünden bütün izolatlar negatif sonuç vermiştir (Yener, 2023).

Örtü altı domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri ve kimyasal gübre uygulamalarının domatesin bazı verim ve kalite özelliklerine etkisi araştırılan bir çalışmada, kullanılan bakteriler bakteri-I (*S. maltophilia* suş BY-44, *B. licheniformis* suş HK-13 ve *P. putida* suş NK-12) ve bakteri-II (*P. fluorescens* suş FC-42, *B. subtilis* suş SK-26 ve *Rhizobium radiobacter* suş SK-63) uygulaması olmak üzere iki farklı grup olarak uygulanmıştır. Bakteri stainlerinin IAA, siderofor, ACC-deaminaz ve katalaz gibi bitki gelişimini teşvik mekanizmaları araştırılmıştır. En yüksek IAA *Bacillus licheniformis* suş HK-13'de (61,24µg ml⁻¹), en yüksek siderofor üretimi *Pseudomonas putida* suş NK-12'de (36 mm) bulunmuştur. Bakteri-I ve Bakteri II uygulamalarının birçok parametrede kimyasal gübre uygulaması ile aynı veya yakın sonuç vermesi domates yetiştiriciliğinde bakteri uygulamalarına yer verilmesinin kimyasal gübre kullanımının azaltılmasında etkili olacağını görüşüne varılmıştır (Dönmez ve ark., 2023).

Kimyasal gübrelere alternatif olarak mikrobiyal gübrelerin kullanımı son yıllarda dikkat çeken konulardan biri olup, özellikle bitki gelişimini teşvik edici mikroorganizmalar üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır (Gómez-Godínez ve ark., 2023).

Hasyurt'da (Finike-Antalya) bulunan plastik serada, PGPR uygulamalarının domateste salkım sayısı, birikimli meyve sayısı, meyve boyu, meyve çapı, meyve sertliği, ortalama meyve ağırlığı, erkenci verim, birikimli verim, meyve kuru ağırlığı, toplam suda

çözünebilir kuru madde, meyve suyunun pH değeri ve titre edilebilir asit miktarına etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda bakteri I ve bakteri II uygulamalarının ortalama meyve ağırlığı, meyve çapı, toplam suda çözünebilir kuru madde, meyve suyunun pH değeri, meyve kuru ağırlığı ve meyve sertliği açısından kimyasal gübre uygulaması ile arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca uygulamalarda kullanılan bakteri suşlarının IAA, siderofor, ACC-deaminaz ve katalaz gibi bitki gelişimini teşvik mekanizmaları araştırılmıştır. En yüksek IAA *Bacillus licheniformis* suş HK-13'de ($61,24\mu\text{g ml}^{-1}$), en yüksek siderofor üretimi *Pseudomonas putida* suş NK-12'de (36 mm) bulunmuştur. Suşların hepsinin ACC-deaminaz ve katalaz enzimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bakteri I ve bakteri II uygulamalarının birçok parametrede kimyasal gübre uygulaması ile aynı veya yakın sonuç vermesi domates yetiştiriciliğinde bakteri uygulamalarına yer verilmesinin kimyasal gübre kullanımının azaltılmasında etkili olacağını göstermiştir (Dönmez, 2024).

1.5.Bakterilerin tanımlanması ile ilgili çalışmalar

Tez çalışması kapsamında tür tanımlaması yapılmadan önce metot araştırılması yapılmış, yöntemlerin avantaj ve dezavantajları birlikte ele alınarak yöntemler literatürler doğrultusunda oluşturulmuştur. MALDI-TOF MS yöntemi ve 16S rRNA gen sekansının kullanılmasın karar verilmiştir.

Canlılar sınıflandırılırken morfolojik ve biyokimyasal verilerin moleküler veriler ile desteklenmesi gerekmektedir. Morfolojik ve biyokimyasal verilerin moleküler verilerle de desteklenmesi doğru bir sınıflandırma açısından son derece önem taşımaktadır. Bu bağlamda moleküler yaklaşımlar özellikle bakteriyel taksonomide oldukça önemlidir. Doğadaki bakteriyel çeşitliliğin büyük bir kısmını oluşturduğu düşünülen, kültüre alınamayan bakterilerin varlığı göz önüne alındığında moleküler temelli yaklaşımların önemi daha iyi anlaşılır. Ayrıca fenotipik yaklaşımların kimi zaman yetersiz kaldığı klinik tanı ve teşhis yöntemlerinde 16S rDNA gibi moleküler yaklaşımlara son dönemde sıkça başvurulmaktadır. Bakteriyel moleküler taksonomide en çok kullanılan yöntemlerden biri 16S rDNA sekans analizidir. Son zamanlarda bakteriyel teşhiste bazı protein genleri de kullanılmasına rağmen, 16S rRNA geninin (rDNA) bakteriler

arasında evrensel olarak bulunması onu bakteriyel taksonomi için vazgeçilemez bir unsur haline getirmiştir (Sivasakthi, 2014).

Bakteri genomundaki 16S rRNA geninde devamlı aynı olan yani değişmeyen ve değişken olan bölgeler bulunmaktadır. Bakteri türlerinin teşhisinde bu değişken bölgeler kullanılmaktadır. Gray ve ark. (1984) 16S rRNA geninde 8 adet değişmeyen ve 9 adet değişken bölgenin olduğunu ortaya koymuşlar ve bu araştırmacılar kültür edilmemiş bakterilerin bile 16S rDNA'larını polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) yardımıyla belli primerler kullanarak ayırabildiler (Barriuso, 2008). PCR veya diğer bazı izolasyon yöntemleri ile elde edilen 16S rDNA'nın baz dizin analizi, restriksiyon fragmenti uzunluk polimorfizmi (RFLP) ve hibridizasyon özellikleri kullanılarak türler arasında karşılaştırma yapılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, Stackebrandt ve Goebel (1994) hibridizasyon çalışmalarında aynı cinse ait olan türlerin arasında 16S rRNA dizisi açısından % 97' den daha az benzerlik gösteren suşların farklı türler olduğunu ortaya konulmuştur (Glick, 2011).

16S rRNA dizisi bakteriler arasındaki filogenetik ilişkiyi açıklamada kullanılan güçlü bir araçtır. rRNA'ların filogenetik bir araç olarak kullanımına 1970'lerde Illinois Üniversitesi'nden Carl Woese öncülük etmiştir ve bu yöntem günümüzde tüm biyolojide yaygın olarak kullanılmaktadır. 16S rRNA dizinlemesi bazı durumlarda DNA hibridizasyonu ve diğer moleküler yöntemlere göre organizmaları tür seviyesinde ayırt etmede yetersiz kalabilir, ancak evrensel olması ve birbirinden farklı türlerin amplifikasyonunda kullanışlı olmasından moleküler filogenetik sistematik için çok değerli bir araçtır (Kloepper, 1980).

Bakterileri tanımlamak için gen dizisinin kullanımı ve taksonomi 1960'larda Dubnau ve ark.'nı 1987 de Woese'nin çalışmalarını takip etmiştir (Compant, 2008; Alikhani, 2009). 16S rRNA gen dizisi ilişkileri ve korunmuş bölgeleri tanımlamıştır. Bu korunan bölgelere rağmen 16S rRNA geni olarak organizmaların evrimsel mesafesi ve ilişkililiği tam olarak bilinmemektedir (Kimura, 1980; Stackebrandt, 1994; Claydon, 1996; Gupta, 2020).

Bakteriyel tanımlama veya yakın ilişkilerin taranması mikrobiyolojide kullanılan cins ve tür düzeyi ilişkilerin belirlenmesi üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olabilirler

(Holland, 1996). 16S rRNA gen dizisi yaklaşık 1.550 bp uzunluğundadır ve hem değişken hem de korunmuş bölgelerden oluşur. 16S rRNA geninin özellikleri, yeterince büyük, yeterli spesifik polimorfizmlerle ayırt edici ve istatistiksel olarak geçerli olması kullanım sebebini açıklar. Veri tabanlarındaki diziler 500 ve 1.500 bp ortak uzunluklar olsa da sıralamak ve karşılaştırmak için bu korunmuş bölgeler kullanılır (Holfelder, 2009; Hayden, 2001).

16S rRNA dizisi (veya 16S rDNA) mikrobiyolojide ilgi çeker, çünkü ribozomal RNA, bakteriler arasında hem evrensel dizilere, hem de ulusal veri tabanıyla karşılaştırıldığında bakterileri tür ya da cins düzeyinde tanımlamayı mümkün kılabilen tür-spesifik dizilere sahiptir (Mignard ve Flandrois 2006). Genel olarak kabul gören şekliyle 16S rRNA dizisinde, diğer tüm organizmalardan %3'ten fazla farklılık gösteren bir prokaryotun (diğer bir deyişle veri tabanındaki diğer tüm dizilere %97' den az benzerlik gösteren) yeni bir tür olduğu düşünülebilir.

GenBank, dünyanın en büyük veri bankası nükleotid sekansları, 20 milyondan fazla biriktirilmiş sekansa sahiptir, bunlardan 90.000' den fazlası 16S rRNA geninden oluşmaktadır. Bu demektir ki daha önce biriktirilmiş bilinmeyen bir suşun benzerliğini karşılaştırmak için çeşitli uzunluklarda birçok dizi, 16S rRNA gen dizisi, birçok sayıda suş vardır. 16S rRNA geninin nükleotit sekans verilerinin kullanımı, sadece tanımlama yapmak için değil, aynı zamanda yeryüzündeki tüm mikroorganizmalar arasındaki filogenetik ilişkiyi belirlemede en uygun araçtır. Tanımlama amacıyla analizi yapılan 16S rRNA geninin kullanımının nedenleri arasında; i) Aynı işlevi yerine getiren genin bütün organizmalarda mevcudiyeti, ii) Analizi gerçekleştirilen gen dizisinin yeterince korunmuş olması, iii) Sekanslanmasının nispeten kolay olduğu ve filogeninin tanımlanması ve analizi için yeterli bilgi içerecek kadar büyük olması (yaklaşık 1.500 bp'lik) sayılabilir (Gray, 1984).

Bu araştırmalar gösteriyor ki, 16S rRNA (16S rDNA) geni bakterilerde evrenseldir ve bu nedenle tüm bakteriler arasındaki ilişkileri ölçebilir, veri tabanıyla karşılaştırıldığında bakterileri tür ya da cins düzeyinde tanımlamayı mümkün kılabilen tür-spesifik dizilere sahiptir (Dubnau, 1965; Madigan, 2006; Alikhani, 2009; Antil, 2022).

Kütle spektrometrisi uzun yıllardır özellikle kimya alanında kullanılmakla birlikte mikrobiyoloji alanında kullanımı 1970'lerden itibaren başlamıştır. Anhalt ve Fenselau'nun 1975'te yaptıkları analizlerde, bakterilerin tür ve cins bazında kendilerine has bir kütle spektralarının olduğu ortaya koyulmuştur (Woese, 1987). Örneklerin hazırlanmasındaki uzun süreç bu uygulamaların rutin mikrobiyoloji alanında kullanılmasına engel olmuştur.

1980 yılların sonu ve 1990'lı yılların başında gelişen soft iyonizasyon tekniklerinin [MALDI ya da elektropray iyonizasyon (ESI)] sisteme entegre edilmesi ile beraber protein gibi büyük moleküllerin incelenebilmesine olanak sağlanmıştır MALDI-TOF MS, her organizma için özgül olan proteinlerden parmak izi oluşturmakta, bu sayede bakteri ve mantar tanımlaması yapılabilmektedir. MALDI-TOF MS bakterilerin protein yüklerine bağlı ayrıma giderek tanımlamayı gerçekleştirmektedir (Pace, 1997; Thorne, 1998).

Bakteriyel tanımlama işlemi, örnekten elde edilen bilgilerin veritabanındaki bilgilerle karşılaştırılması sonucu yapılabilmektedir. VITEK MS V3.2 de IVD veri tabanında onaylı 1.095 bakteri ve 221 mantar toplam 1316 mikroorganizma türü bulunmaktadır. Ayrıca araştırma amaçlı RUO veri tabanında ise 1445 mikroorganizma yer almaktadır. MALDI-TOF MS yöntemi daha önceden 16S rRNA gen sekansı ile ayrılabilen yakın türlerin ayrımını bile başarıyla yapabilmektedir (Harmsen, 2004). Rutin bakteri izolatlarında MALDITOF MS'in tür bazında doğru tanımlama oranı %84,1 ile %95,2 arasında değişmektedir (Chen, 1989; Garrity, 2015; Antil, 2022).

MALDI-TOF MS; besiyerine ekilmiş kültürlerden hızlı tanımlama yapılmasına imkân veren, yeni gelişmekte olan ve yakın bir gelecekte cihazın yaygınlaşması ile konvansiyonel ve otomatize bakteri tanımlama yöntemlerinin yerini alabilecek bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Relman, 1989).

Kütle spektrometresi yaklaşımının etkili bir şekilde uygulanması, spektrumların karşılaştırılması için özel bir yazılımın yanı sıra kapsamlı bir referans veri tabanı gerektirir. Halen birkaç ticari platform mevcuttur: Biotyper (Bruker Daltonics), Saramis (Shimadzu), Microbelynx (Waters Corporation) ve Andromas.

MALDI-TOF MS yönteminde tanımlama işlemi 1 saat hatta yarım saate kadar inebilmektedir. Ayrıca bu yöntem yeni bir yöntem olmasından dolayı 16S rRNA gen sekansı ile ayrımı yapılamayan, ayrımı zor olan benzer türlerin bile ayrımını yapabilmektedir (Harmsen, 2004).

Pramanik ve ark. (2018), Hindistan'da ağır metalle kontamine pirinç tarlalarında rizosferik toprak örneklerinden izole ettikleri bakteri suşunu MALDI-TOF MS yöntemi ile teşhis etmişlerdir. Teşhislerinin sonucunda izolatan *Enterobacter aerogenes* olduğu tespit edilmiş ve IAA üretimi, azot fiksasyonu, fosfat çözücülüğü, ACC deaminaz aktivitesi gibi bitki gelişimini teşvik edici özellikleri pozitif olarak bulunmuştur.

Kazakistan'ın kuzeyinde buğday tarımı yapılan bölgeden alınan rizosfer örneklerinden elde edilen 24 bakterinin teşhisi için MALDI-TOF MS yöntemini ile yapılmıştır. Bu suşlardan; 4 tanesinin *A. calcoaceticus*, 4 tanesinin *P. koreensis*, 2 tanesinin *S. rhizophila*, 2 tanesinin *Arthrobacter* spp., 3 tanesinin *Bacillus* spp., 1 tanesinin *R. radiobacter*, 3 tanesinin *Pseudomonas* spp., 1 tanesinin *A. cerinus* olduğunu tespit edilmiştir. İzolatlardan fosfat çözme yeteneklerinin olduğunu, azot fiksasyonu yaptıklarını belirlenmiştir (Aipova ve ark., 2020).

Değirmenci (2023), suşların indol asetik asit (IAA), siderofor üretme yetenekleri, azotu fikse edebilme ayrıca amonyak ve nitriti oksitleme yeteneklerini belirlemiştir. Fosfat kullanımı Pikosvkaya agar'da inokülasyon ile belirlenmiş, suşların cins bazında tanımlanması MALDI-TOF MS analizleri ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesiyle mikroorganizma karışımına üç *Bacillus cereus* sp. suşu ile karışımın *Bacillus* sp. olmayan tek üyesi *Alcaligenes faecalis* sp. Seçilmiştir.

Beshah ve ark. (2024), Etiyopya topraklarının yarı kurak bölgelerindeki yer fıstığı yetiştirme alanlarından toplanan bakteri izolatlarının PGPR potansiyelini belirlemeyi ve değerlendirmeyi amaçlamışlar. Fosfat çözünürlüğü, indol-3-asetik asit (IAA) üretimi, amonyak üretimi, tuz ve ağır metal toleransı, kuraklık toleransı, enzim aktiviteleri, hidrojen siyanür üretimi, antibiyotik direnci ve mantar patojenlerine karşı antagonistik aktivite dahil olmak üzere birden fazla özelliği değerlendirilmişler. İzolatların tanımlanması MALDI-TOF MS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Seksen iki izolattan 63'ü gram negatif ve 19'u gram pozitifdir. Bunlar arasında 19 izolat fosfat çözücülüğü gösterdiği, en yüksek verimliliği AAURB 34, ardından AURB 12 olmuştur. Elli altı

izolatın değişen miktarlarda IAA ürettiği ve tüm izolatlar AAURB12, AAURB19 ve AAURB34 güçlü amonyak ürettiği tespit edilmiştir. AAURB34 ve AAURB12, sırasıyla % 38 ve % 46'lık inhibisyon yüzdesiyle fungal patojenlere karşı baskılama göstermiştir. Umut vadeden PGP izolatları *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus* ve *Enterobacter asburiae* olarak tanımlanmış.



2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal ve Yöntem

2.1.1. Araştırma Yerinin Konumu ve Özellikleri

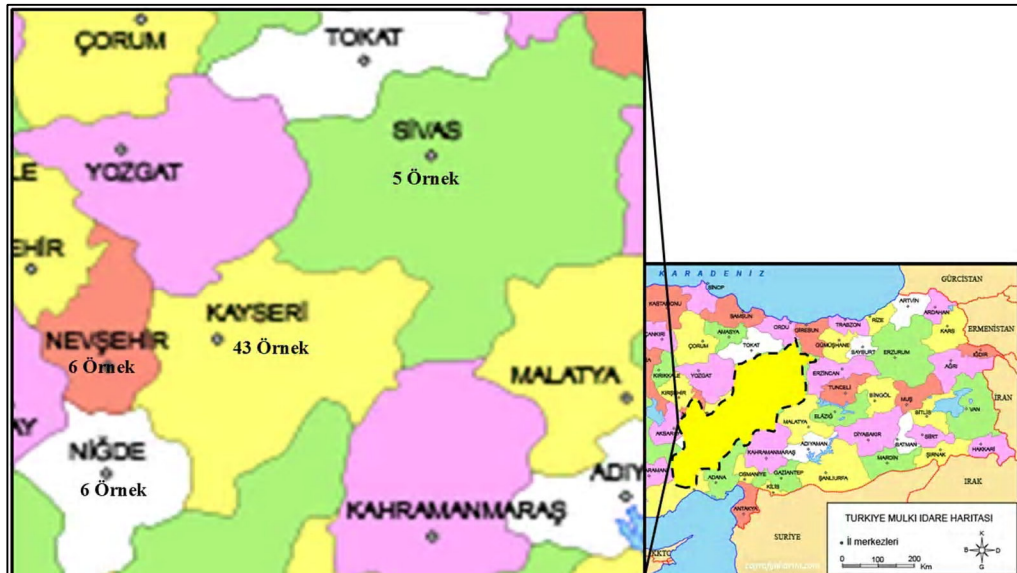
Tez kapsamında Kayseri, Sivas, Niğde ve Nevşehir illerinden toprak örnekleri toplanmıştır (Şekil 3). Kayseri İli, 34°56" ile 36°58" doğu boylamı ve 37°45" ile 34°56" kuzey enlemleri arasında, İç Anadolu Bölgesinin güneyinde, Orta Kızılırmak bölümünde yer alır. Doğu ve kuzeydoğusunda Sivas, kuzeyinde Yozgat, güneyinde Adana ve Kahramanmaraş, batısında Nevşehir, güneybatısında Niğde, illeri ile komşudur. İl yüzölçümü 16.970 km² ve rakım 1050 m, ilin yaklaşık olarak yüzde % 40 'ını tarım arazisi oluşturmaktadır (Kayseri Valiliği, 2018). Kayseri kış mevsiminde soğuk ve kar yağışlı, yazın ise sıcak ve karasal iklim özelliklerine sahiptir. Yıllık toplam yağış miktarı uzun yıllar ortalamasına göre 385 mm'dir. Bölgede yağışların en yoğun olduğu aylar Nisan ve Mayıs aylarıdır.

Sivas ili, 35° 50" ve 38° 14" doğu boylamlarıyla, 38° 32" ve 40° 16" kuzey enlemleri arasında kalan il, 28.488 km² lik yüzölçümü ile Türkiye'nin toprak bakımından ikinci büyük ili olan Sivas'ın il topraklarının büyük bölümü Kızılırmak, bir bölümü de Yeşilirmak ve Fırat havzalarına girer. Sivas, çevre illere göre kendine has bir iklim özelliğine sahiptir. Çevresine göre bir mikro klima iklim bölgesidir. Kızılırmak Havzası'na giren bölümlerinde karasal iklim yaşanan ilde, Yeşilirmak Havzası'na giren kısımlarda Karadeniz ardı iklimi, Fırat Havzası'na giren kısımlarda ise Doğu Anadolu iklimi egemendir. Kışları soğuk ve sert geçer, genelde kış aylarında bol kar yağışı görülür ve il 3-5 ay karla örtülüdür. Yıllık ortalama yağış miktarı 420 mm. Yazları sıcak ve kurak, ilkbahar ve sonbahar ayları yağmurlu geçer (Sivas Belediyesi, 2024).

Nevşehir, İç Anadolu Bölgesi'nde $38^{\circ} 12'$ ve $39^{\circ} 20'$ kuzey enlemleri ile $34^{\circ} 11'$ ve $35^{\circ} 06'$ doğu boylamları arasında kalır. Konya Kapalı Havzasında kalan Derinkuyu ilçesi dışında, bütünüyle Orta Kızılırmak Havzasına giren İl, konum itibariyle Türkiye'nin tam ortasında olup, yüzölçümü 5.392 km^2 'dir. Nevşehir ili, yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçen tipik karasal iklim özelliklerini taşır. Yıllık sıcaklık ortalaması $11,8^{\circ}\text{C}$, yıllık toplam yağışların ortalaması $415,7 \text{ mm}$ (Nevşehir İl Özel İdaresi, 2024).

Niğde, ülkemizin İç Anadolu Bölgesi'nde $37^{\circ} 58' 11.1792''$ Kuzey ve $34^{\circ} 40' 35.7924''$ doğu boylamları arasındadır. Rakımı 1.229 m . Olan Niğde'nin nüfusu 346.667 dir. Aksaray, Nevşehir, Mersin, Adana, Kayseri ve Konya illerine komşu olan Niğde, güneyde Bolkar dağları ile İçel ilinden, güneydoğu ve doğudan Aladağlar'ın oluşturduğu doğal sınırlar ile de Adana ilinden ayrılır. Sert kara iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı geçer. Yılın 100 günü 0°C 'nin altında seyreder. Yılda 15 gün kar yağışlı geçer. Yazın 30 gün sıcaklık 30°C 'nin üstünde geçer. Yıllık yağış ortalaması 350 mm civarındadır (Tarım Orman Bakanlığı, 2024).

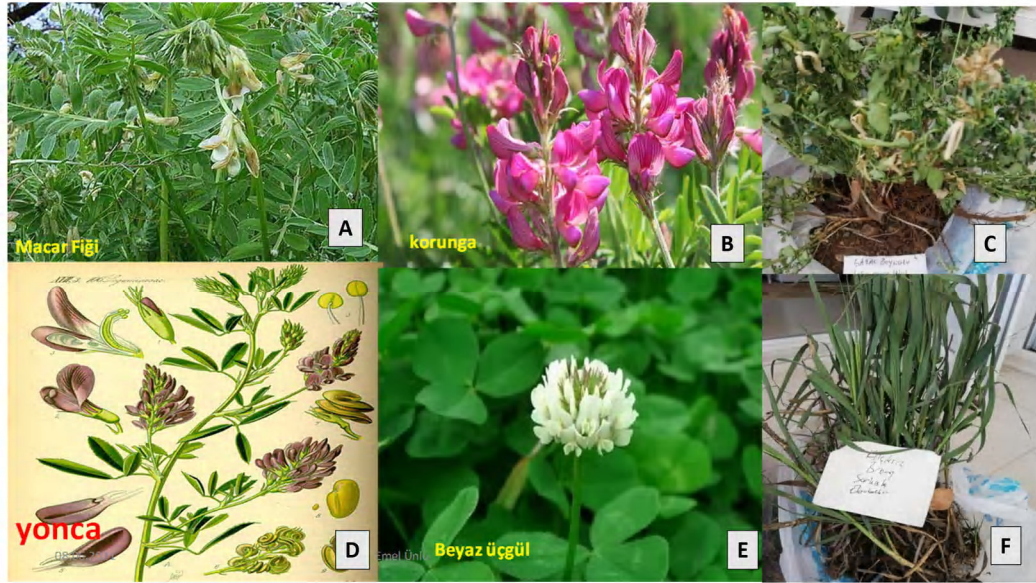
Tez çalışması Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Birimi, Tarımsal Biyoteknoloji ve Bahçe Bitkileri laboratuvar ve seralarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Örneklerin alındığı iller ve örnek sayıları.

2.1.2.Toprak Örneklerinin Alınması

Kayseri ve yöresinde baklagil yem bitkileri olan yonca, korunga, Macar fiği, üçgül, kılçıksız brom ve gazal boynuzu bitkilerinin topraklarından örnekler 2021 yılında Mayıs ve Ağustos ayları arasında alınmıştır.



Şekil 4. Baklagil yem bitkileri olan Macar fiği (A), korunga (B), gazal boynuzu (C), yonca (d), üçgül (E), kılçıksız brom (F) bitkileri.

Toprak örnekleri rizosferin 0-30 cm derinliğinden alınmış ve steril falcon tüplere (50 ml) konularak etiketlenmiştir (Şekil 4). Alınan yerin coğrafi konumu ve parsel sorgusu yapılarak not edilmiştir. 60 toprak örneği toplanmıştır. Çiftçilerle ön bir görüşme yaparak bilgiler alınmıştır. Toprak örnekleri analizlere başlayıncaya kadar 4 °C’de buzdolabında saklanmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Toprak örneklerinin alınması ve saklanması.

2.1.3. Toprakтан Bakteri İzolasyonu

Aseptik koşullarda laboratuvara getirilen toprak örnekleri, steril kaplarda net ağırlıkları 5 gr olacak şekilde tartılarak, iki aşamalı olarak 50 mL, steril fizyolojik su (% 0.9 NaCl) ve LB sıvı besi yeri içeren erlenlere aktarılmıştır. Tam homojenizasyonun sağlanması amacıyla saf sudaki ortamda 30-40 dk ve LB sıvı ortamlı ise 4-6 saat arası inkübatörde çalkalanan örneklerden hazırlanan seri dilüsyonlarından 50 µL alınarak, iki paralelli olacak şekilde LB ve Nutrient Agar katı besi ortamına yayma ekim yöntemiyle inokule edilmiştir ve ortamlar 35 °C 12-24 saat etüvde inkübasyona bırakılarak ana kültürler elde edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda ana kültür petrideki farklı koloni morfolojisine sahip olan izolatlar seçilerek saflaştırılmıştır. LB Agar ve NB Agar katı besi ortamına çizgi ekim yöntemiyle ekilen izolatlar tekrar 35 °C’de 12-24 saat inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 6 / 7). İnkübasyon sonrası saf suşlar NB besi yerlerine aktarılmış ve kod numaraları verilmiştir (Somasegaran ve Hoben 1982; Upadhyay, 2009).

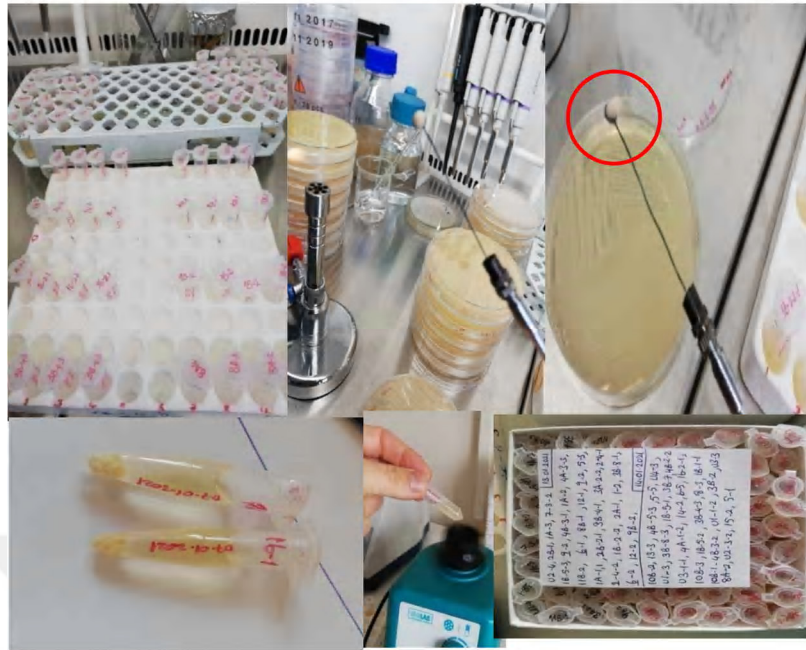
Besi yerlerinde gelişen ve saflaştırılan koloniler 800 µL LB + 200 µL %50’lik gliserol eklenerek stoğa alınmış ve sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere -20 °C’de muhafaza edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 6. Toprakta bakteri izolasyonu ve ana kültürün elde edilme aşamaları.



Şekil 7. Ana kültürden bakteri saflaştırma aşamaları.



Şekil 8. Saflaştırılan bakteri suşlarının stoğa alınması.

Nutrient Broth ve Agar Besiyeri

Besi yeri içeriği: Et ekstraktı 1 gr, Maya ekstraktı 2 gr, Pepton 5 gr, NaCl 5 gr, Distile su 1000 mL ve 15 gr Agar (sterilizasyondan önce) olarak ayarlandı. Sterilizasyon 121 °C’de 15 dakika süre ile yapılmış ve pH 7,4±0,2’ye ayarlanmıştır.

Luria Bertani (LB) Sıvı Besiyeri): 1 L distile su içerisinde 10 gr kazein hidrolizat, 5 gr maya özütü ve 5 gr NaCl çözülerek 121°C’de 15 dakika otoklav edildi ve pH 6,8±0,2’ye ayarlanmıştır.

Luria Bertani (LB) Agar Besiyeri : 1 L distile su içerisinde 10 gr kazein hidrolizat, 5 gr maya özütü, 5 gr NaCl ve 15 gr agar olacak şekilde çözelti hazırlanmış ve pH’sı 6,8±0,2 ayarlanmış çözelti otoklav edilmiştir (Yılmaz, 2010).

Trypticase Soy Broth Agar (TSBA) Besiyeri: 1 L dH₂O içerisine, 30 gr TSB (Trypticase soy broth) ve 15 gr granüle agar ilave edilmiş ve ısıtmalı magnetik karıştırıcıda agar eriyinceye kadar karıştırılmıştır. Karışım sonrasında 121°C’de 15 dk süreyle otoklav edilmiştir. 60°C’ye ayarlı su banyosunda steril edilen ortam soğutulduktan sonra steril kabinde petrilere (100x15 mm) 20-25 ml dökülerek, oda sıcaklığında katılaşması beklenmiştir.

Jensen Besiyeri: 8 gr sukroz, 0,4 gr K_2HPO_4 , 0,2 gr $MgSO_4$, 0,2 gr NaCl, 0,04 gr $FeSO_4$, 0,002 gr Na_2MoO_4 , 0,8 gr $CaCO_3$ ve 6 gr agar bulunan ancak azot bulunmayan ve bakterinin yaşamsal aktivitelerinde kullanmak üzere yalnızca havadan azot fiske ederek gelişim gösterdikleri besiyerleri hazırlanıp, nokta ekim yöntemi ile bakteri ekimi yapılmıştır (Bashan ve ark., 1993; Ahmad ve ark., 2008). Ekim yapılan petrilere 35°C de 24 saat gelişim için bırakılmıştır.

NBRIP-BPB (National Botanical Research Institutes's Phosphate Growth Medium) Besiyeri: 1 L dH_2O içerisine 20 gr glukoz, 10 gr $Ca_3(PO_4)_2$, 5 gr $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, 0,25 gr $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,2 gr KCl, 0,1 gr $(NH_4)_2SO_4$ ve 0,025 gr bromphenol blue ilave edilmiştir. Karışımın pH'sı 7'e ayarlanarak test tüplerine aktarılmıştır. Test tüpleri hazırlandıktan sonra otoklavda 121°C'de 20 dk steril edildikten sonra soğumaya bırakılmıştır.

Yeast Dekstroz Kalsiyum Karbonat Agar: 1 L dH_2O içerisine 10 gr yeast extract, 20 gr $CaCO_3$, 20 gr dekstroz ve 15 gr agar ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra karışım 121 °C'de 15 dk süre ile otoklav edilmiştir. Sterilizasyon sonrası besiyeri 45 °C'ye kadar soğutulularak steril petrilere dökülerek katılaşması sağlanmıştır.

Aleksandrov Besiyeri: 0,005 gr $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 2 gr $CaCO_3$, 3 gr waste mica, 5 gr glikoz, 0,1 gr $FeCl_3$, 2 gr $Ca_3(PO_4)_2$ ve 20 gr agar, 1 L dH_2O içerisine ilave edilerek karıştırılmıştır. Daha sonra karışım 121 °C'de 15 dk süre ile otoklav edilmiştir. Sterilizasyon sonrası besiyeri 45 °C'ye kadar soğutulmuş ve daha sonra steril petrilere dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır.

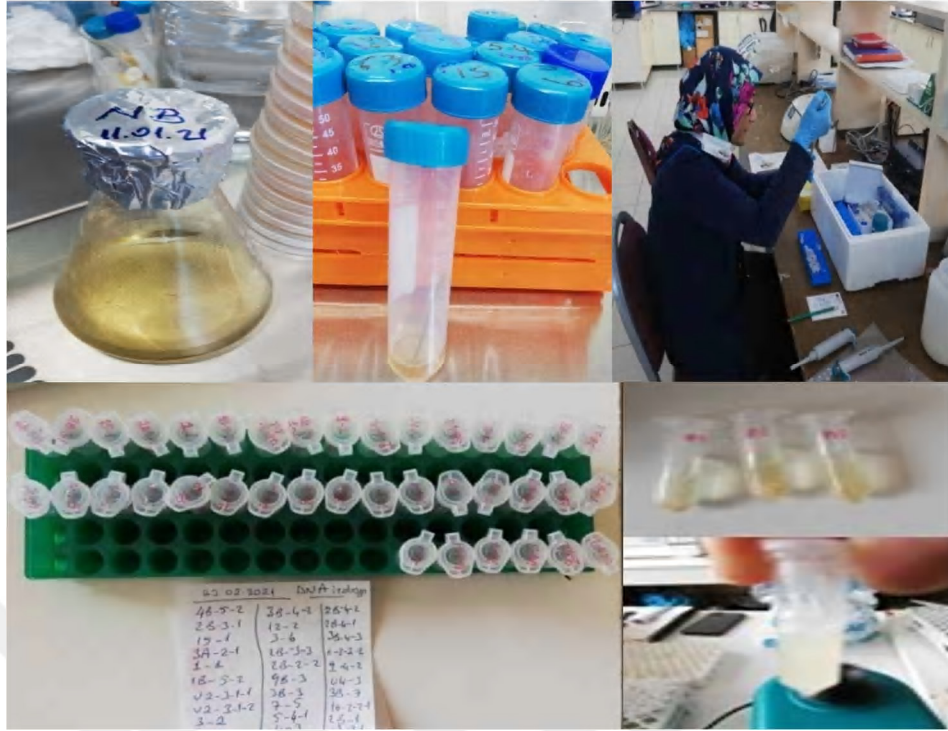
2.1.4. DNA İzolasyonu ve PCR Analizi

Genomik DNA izolasyonu için, izolatlar 10 mL Nutrient Broth ortamına % 1 oranında inoküle edilmiştir ve 28±2 °C'de 150 rpm çalkalama hızında 24 saat süre ile geliştirilmiştir. Bu süre bitiminde 1,5 mL kültür mikrosantrifüj tüplerine alınmıştır ve 10.000 rpm'de 5 dk santrifüj edilerek bakteri hücreleri çöktürülmüştür. Üst sıvı ortamdaki uzaklaştırıldıktan sonra, hücre çökeltisi 567 µL Tris EDTA pH 8,0 tampon içerisinde çözülmüştür. Üzerine 30 µL % 10 SDS ve 3 µL proteinaz K aktarılıp karıştırılarak ve 37 °C'de 1 saat tutulmuştur. Bu aşamadan sonra ortama 100 µL 5M NaCl ilave edilerek karıştırılmış ve 80 µL CTAB/NaCl çözeltisi ile muamele edilmiştir.

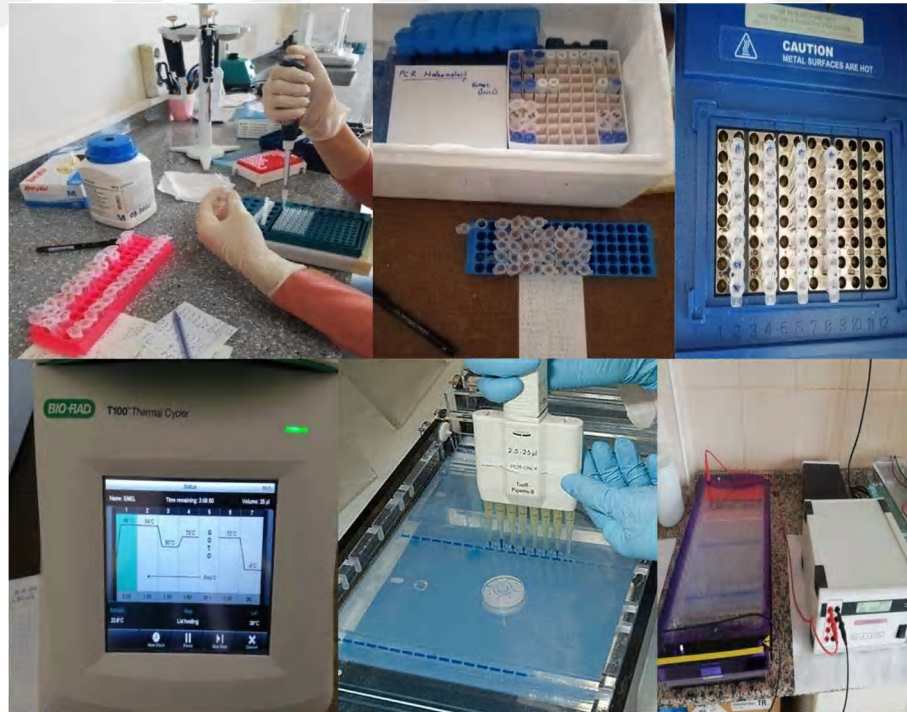
Bu ortam, kesik mikropipet uçları kullanılarak beyaz partikül yapısı oluşuncaya kadar iyice karıştırılmış ve 65 °C'de 10 dk inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon süresi bitiminde ortam üzerine 0,75 mL kloroform/izoamil alkol (24/1 hacim/hacim) aktarılıp tekrar karıştırılmış ve 10.000 rpm'de 10 dk santrifüj edilerek, oluşan üst faz yeni mikrosantrifüj tüplerine alınmıştır. Alınan üst faz üzerine 0,75 mL fenol/kloroform/izoamil alkol (25/24/1 hacim/hacim) ilave edilerek ve 10.000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminin sonunda tüplerdeki üst sıvı yeni mikrosantrifüj tüplerine aktarılmış ve bu sıvının üzerine, toplam hacmin 0,6'sı (~350 µL) oranında izopropanol ilave edilerek tüpler beyaz çökelti oluşuncaya kadar öne arkaya hareket ettirilerek karıştırılmıştır. Daha sonra 10.000 rpm'de 5 dk santrifüj edildikten sonra üst sıvı dökülerek çökelti üzerine 350 µL % 70'lik etanol eklenerek tekrar 10.000 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Üst sıvı dikkatli bir şekilde ortamdan uzaklaştırılarak kromozomal DNA örneği oda sıcaklığında kurutulmuştur. Son aşamada DNA çözeltisi 100 µL TE tampon içerisinde yaklaşık 1 saat muamele edilerek çözülmesi sağlanmıştır (Wilson 2001; Temizkan ve Arda, 2012). Genomik DNA'lar % 0,5'lik agaroz jelde yürütülerek kontrol edilmiştir. Elde edilen genomik DNA örnekleri PCR reaksiyonunda kullanılmak üzere -20 °C'de saklanmıştır (Şekil 9).

Polimeraz zincir reaksiyonunda kullanılan tampon çözeltiler ve primerler Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir.

PCR karışımı; 10X Taq DNA polimeraz tamponu (750 mM tris-HCl (PH 8,8), 200 mM (NH₄)₂SO₄, %0,1'lik tween 20), MgCl₂ (25 mM), dNTPmix (10 mM), Taq DNA polimeraz (5 u/µl) ve Oligonükleotid primerlerden oluşmuştur. PCR yapımı ve PCR ürünlerinin görüntülenmesi Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 9. DNA izolasyonu aşamaları.



Şekil 10. PCR Analizi ve elektroforez jel görüntüleme aşamaları.

Tablo 2. PGPR özelliklerini belirlemede polimeraz zincir reaksiyonunda kullanılan pirimerler, karışım oranları, erime sıcaklıkları ve çözeltiler

PCR primer adı	Karışım oranları (1X Örnek sayısı)	TM- Erime Sıcaklığı
ACC Deaminase	MgCl ₂ 1,5 µl, dNTPmix 0,5 µl Taq Buffer 2,5 µl, DNA 2,5 µl P1 ve P2 0,2µl (Primer sulandırılmadan kullanıldı) dH ₂ O 16,8 µl, Taq pol. 0,2 µl	56°C
AC Phosphatase	MgCl ₂ 1,5 µl, dNTPmix 0,5 µl Taq Buffer 2,5 µl DNA 2,5 µl, P1 ve P2 0,5 µl dH ₂ O 16,8 µl, Taq pol. 0,2 µl	50°C
Siderofore	MgCl ₂ 2 µl, dNTPmix 0,5 µl Taq Buffer 2,5 µl, DNA 2,5 µl P1 ve P2 0,2µl dH ₂ O 16,9 µl, Taq pol. 0,2 µl	52°C
Fitaz	MgCl ₂ 2 µl, dNTPmix 0,5 µl Taq Buffer 2,5 µl, DNA 2,5 µl P1 ve P2 0,2µl (10-90 TE ile sulandırıldı) dH ₂ O 16,9 µl, Taq pol. 0,2 µl	53°C
IAA (İndol Asetik Asit)	MgCl ₂ 2 µl, dNTPmix 0,5 µl Taq Buffer 2,5 µl, DNA 2,5 µl P1 ve P2 0,2µl dH ₂ O 16,9 µl, Taq pol. 0,2 µl	57°C

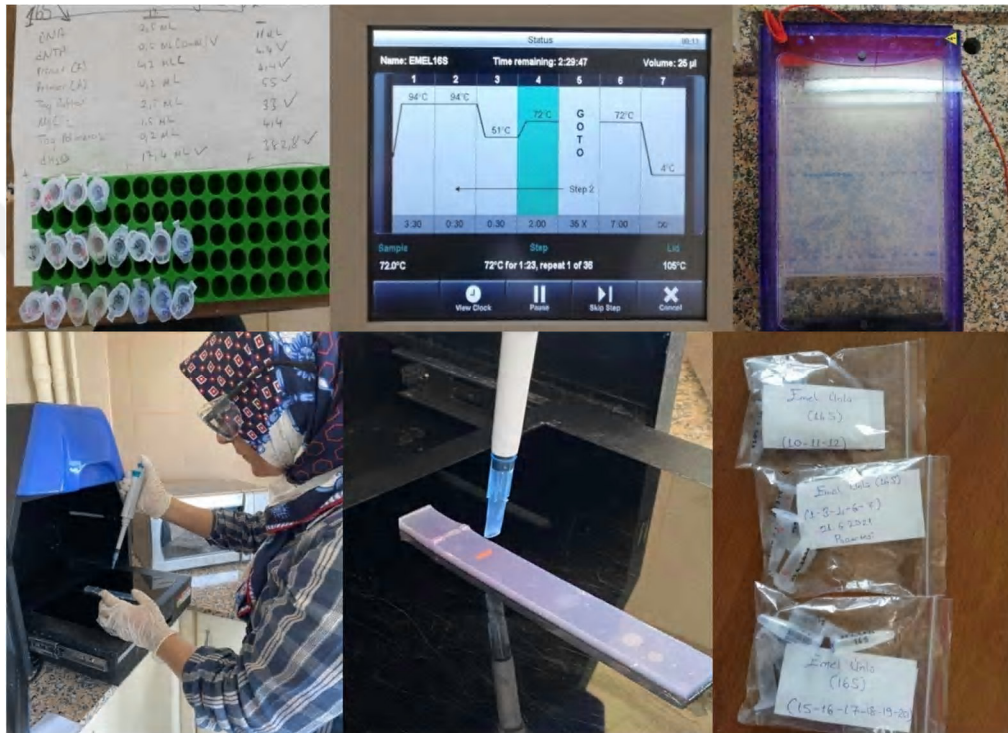
Tablo 3. PCR çalışmalarında kullanılan primerler, bant büyüklüğü ve referanslar

Primer çifti	Primer dizisi	Büyüklik (bp)	Referanslar
ACC Deaminase	F 5'-GTGAACCACCTGAATGTA-3' R 5'-AAACGAGATGATTTACTTGG-3'	750	Raddadi, 2008
AC Phosphatase	F 5'-AAGAGGGGCATTACCACTTTATTA-3' R 5'-CGCCTTCCCAATCRCCATACAT-3'	734	Raddadi, 2008
Siderofore	F 5'-GAGAATGGATTACAGAGGAT-3' R 5'-TTATGAACGAACAGCCACTT-3'	750	Raddadi, 2008
IAA	F 5'-TTCGAGCTGACCAAGGCGATGAT-3' R 5'-CCAGGGTGATGAACTGGAACCTTGT-3'	200	Rajkumar, 2014
IAA	F 5'-CCAACATCATCAAGCTGCCGAACA-3' R 5'-AGACCTTCATCATCGTGGCCTTCA-3'	250	Rajkuma, r2014
Fitaz	F 5'-TGGATCACCGGTAGTAAT-3' R 5'-ATTGTGGAACAGGGGATCAACG-3'	241-556	Vashishth, 2018

2.1.5. Bakteri İzolatlarının 16S Dizi Analizi ve MALDI-TOF ile Analizi

İzolatların 16S rDNA dizi analizi esasına göre tanımlanması: Genomik DNA izolasyonu, 16S ileri (5'-3') ve 16S geri (3'-5') evrensel primerleri kullanılarak 16S rDNA bölgelerinin çoğaltılması, çoğaltılan bölgelerin baz dizilimlerinin belirlenmesi ve elde edilen bulguların veri tabanında bulunan mikroorganizmalara ait baz sıraları ile karşılaştırılması sonucu yapılmıştır. Toprak kaynaklı bakterilerden izole edilen genomik DNA üzerindeki 16S rDNA bölgeleri; 16S ileri (5'- AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG -3') ve 16S geri (5'- CCG TCA ATT CCT TTG AGT TT -3') primerler kullanılarak (Edwards, 1989), PCR makinesinde (Techne- TC-512, England)'da çoğaltılmıştır. Toplam hacim 50 µL olacak şekilde, sırasıyla; 34,75 µL steril su, 5 µL 10xPCR tamponu, 1 µL 10 nM dNTP karışımı, 1 µL 16S ileri ve 1 µL 16S geri primer (Tablo 2), 0,25 µL Taq DNA ilave edilip, tüm bileşenler pipetle iyice karıştırılmıştır.

PCR tüpleri, cihaza yerleştirilerek bir çevrimi: 95°C’de 2,5 dk birinci denatürasyon adımıyla başlatılmış (95 °C’de zincirin açılması), 50°C’de 1 dk ve 72°C’de 1dk 1 döngü olacak şekilde toplam 35 döngüye tamamlanmıştır. En son olarak 72°C’de 10 dk (son uzama) bekletilen PCR protokolü uygulanmıştır (Blaiotta, 2002; Kaçar ve İnal, 2008). Elde edilen PCR ürünleri %1 agaroz içeren jelde yürütülmüş ve 16S rDNA gen bölgesini içeren DNA fragmentleri kesilerek jelden alınmıştır (Şekil 11 / 12).



Şekil 11. Bakteri türlerinin PCR’ da 16S dizi analizi ve jelden bantların alınması.

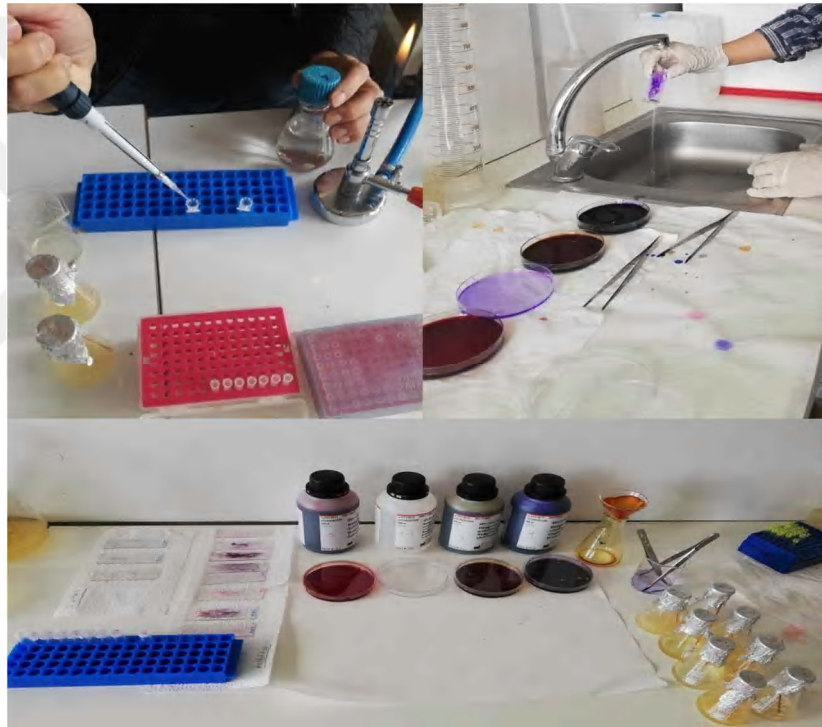


Şekil 12. PCR’ da 16S dizi analizi ile elde edilen bantların kitle DNA Ekstraksiyonu

MALDI-TOF analizi ile tür tanımlaması Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden hizmet alımı şeklinde yapılmıştır. Analize gidecek saf bakteri suşları TSA ortamına inokülasyon yapıp aynı gün içinde koloni çok gelişim göstermeden Bitki Koruma Bölümü Araştırma laboratuvarına gönderilmiştir.

2.1.6. İzolatların Morfolojik ve Fizyolojik Karakterizasyonu

Saflaştırılan izolatların Gram boyama ile pozitif (mor renkli) ve negatiflik (pembe renkli) durumu belirlendi. Işık mikroskopunda 100X'de görüntülenerek fotoğraflanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Bakteri izolatlarının Gram boyama işlemi.

Tez çalışması kapsamında bakterilerin azot fiksasyonu, fosfor çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin biyokimyasal yolla ve *in vitro* da belirlenmesi yapılmıştır.

2.1.6.1. Bakteri İzolatlarının Azot Çözme Özelliğinin Belirlenmesi

Azot bulunmayan Jensen Besiyeri hazırlanmış (8 gr sukroz, 0,4 gr K_2HPO_4 , 0,2 gr $MgSO_4$, 0,2 gr NaCl, 0,04 gr $FeSO_4$, 0,002 gr Na_2MoO_4 , 0,8gr $CaCO_3$ ve 6 gr agar) ancak bakterinin yaşamsal aktivitelerinde kullanmak üzere havadan azot fiske etmek zorunda kaldıkları besiyerleri hazırlanıp, nokta ekim yöntemi ile bakteri ekimi yapılmıştır (Bashan ve ark., 1993; Ahmad ve ark., 2008). Ekim yapılan petriler $35^\circ C$ de 24 saat gelişim için bırakılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Azot çözme özelliğinin belirlenmesi aşamaları.

2.1.6.2. Bakteri İzolatlarının Fosforu Çözme Özelliğinin Belirlenmesi

Bakteri izolatları depo kültürlerinden NA besiyerine ekilerek $26^\circ C$ 'ye ayarlı inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. Bakteri kültürleri NBRIP-BPB (National Botanical Research Institutes's Phosphate Growth Medium) sıvı besiyerine 48 sa'lık inkübasyon sonrası aktarılmıştır. Ekim yapılan tüpler iki hafta süreyle $26^\circ C$ 'ye ayarlı inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır. Besiyerinde gözlemlenen renk değişimi (sıvı besiyerinin renginin açık maviye dönmesi veya şeffaflaşması) inkübasyon sonrası pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Şekil 15) (Nautiyal, 1999; Yıldız, 2007).



Şekil 15. Fosforu çözme özelliğinin belirlenmesi aşamaları.

2.1.6.3. Bakteri İzolatlarının Potasyum Çözme Özelliğinin Belirlenmesi

Bakteri izolatları depo kültürlerinden NA besiyerine ekilerek 26°C'ye ayarlı inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası gelişen 48 sa'lik bakteri kültürlerinden potasyum testi için Aleksandrov besi ortamına (1L dH₂O içerisine 5 gr glikoz, 0,005 gr MgSO₄ 7H₂O, 0,1gr FeCl₃, 2gr CaCO₃, 3 gr waste mica, 2 gr Ca₃(PO₄)₂ve 20 gr agar nokta ekim yapılarak etüvde 35°C 7 gün zon oluşuncaya kadar gözlenmiştir. Şeffaf zon oluşturması pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Meena ve ark., 2015).

2.1.7. Saksı Denemesi

PCR testlerine göre bitki büyümesini teşvik edici özelliklerinin çoğunu bulunduran (2 ve daha fazla geni bir arada bulunduran) bakteri suşları saksı denemesinde kullanılmıştır. Domates (*Solanum lycopersicum*) Z-1000 F1 ve karpuz (*Citrullus lanatus*) Ersin F1 çeşitleri saksı denemesinde kullanılmıştır. Bakterilerin bulaştırma yöntemi hem tohumla hem de dikim anında fideye bulaştırma olarak yapılmıştır (Tablo 4).

Toprak:torf karışımı bahçe toprağı ile ticari torf 1:1 karıştırılarak kullanıldı ve karışımın kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Tablo 5). Yetiştirme ortamı hem steril edilerek hem de steril edilmeden kullanılmıştır. Toprak analizinden sonra bitki besleme için ek gübre gerekiyorsa gerekli hesaplamalar sonrası sulama suyu ile

uygulanmıştır. Denemde 2 litrelik saksılar kullanıldı. Deneme, her bir tekrürde 3 saksı ve her saksıda bir bitki olacak şekilde bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre serada kurulmuştur. Tohum ekimi 07.04.2022 tarihinde, fide bulaştırma ise 29.04.2022 tarihinde fidenin 3 gerçek yaprak aşamasında yapılmıştır. Tohumların bakteri ile kaplanmaları için süroz (0,001gr/l) ile birlikte gliserol eklenerek 45 dk inkübatörde bekletilerek bakteri ve metabolitlerinin tohuma yapışması ile bakteri tohum inokülasyonu sağlanmıştır (Şekil 16). Fide bulaştırma yöntemi ise 3 gerçek yaprakta fide kökü 1/3 oranında saf su ile seyreltilmiş 3×10^8 CFU bakteri solüsyonuna daldırılarak yapılmıştır (Şekil 17). Denemede bitkilerin 57 gün boyunca ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Denemede bitkiler 4-8 hafta yetiştirildi, ölçüm ve gözlemler yapıldı (Şekil 18).

Bitkilerin organları kök, gövde ve yaprak olarak ayrılmış ve ayrı ayrı taze ağırlıkları ve kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları (g/bitki) belirlenmiştir. Ayrıca, kök, gövde uzunluğu ve yaprak sayıları da belirlenmiştir (Şekil 19). Bitkiler hasat edildikten sonra tüm bitkisel aksam kök ve yeşil aksam (gövde +yaprak) olmak üzere iki kısma ayrılarak gövde yapraklarla beraber tartılıp yaş ağırlığı belirlenmiştir. Kökler yeni çıkarıldıkları için fazla miktarda yüzeylerinde su olacağından önce kuru bezle hafif kurulanıp ardından hassas terazide yaş ağırlık belirlenmiştir. Taze ağırlığı tayin edilmiş olan gövde (gövde + yaprak) ve kök örnekleri kese kağıtları içerisinde 65°C'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşincaya kadar kurumaya bırakılmıştır. (Kotan, 2010; Küsek, 2012).

Bitki aksamı kök ve gövdeye ayrıldıktan sonra kökün yaş ağırlığı ayrıca alınıp, kökün tamamı makasla 1 cm'lik küçük parçalar şeklinde kesilmiştir. Kesilen küçük parçaların tamamı bilgisayara bağlı özel bir tarayıcının tepsisine bir miktar su konarak köklerin tepsi içerisinde homojen bir şekilde yayılması sağlanmıştır. Daha sonra tarayıcının kapağı kapatılıp özel bir kök görüntüleme programıyla (WinRhizo Regular LA2400, Regent Instruments) tüm kökün morfolojik parametreleri (kök uzunluğu: m, kök çapı: mm, kök hacmi: cm^3) hesaplanmıştır (Ulas, 2010).

Saksı denemisinde kullanılan toprakta makro ve mikro besin elementi analizi Ziraat Fakültesi Bitki Besleme ve Toprak Bölümünden hizmet alımı şeklinde yapılmıştır. Sulama ve gübreleme günlük gözlemlere göre manuel yapılmıştır. Denemenin farklı zamanlar da çekilmiş görselleri kayıt altına alınmıştır (Şekil 20 /21).

Tablo 4. Saksı denemesinde kullanılan suşlar ve PCR sonuçlarına sahip oldukları gen sayıları

No	Suşlar	Tür	Gen sayısı
1	9-4-2	<i>P. putida</i>	5
2	2B-3-1	<i>B. spp.</i>	3
3	2B-1	<i>B. thuringiensis</i>	4
4	U4-3	<i>P. flavescens</i>	5
5	U2-1	<i>B. megaterium</i>	3
6	7-4-3	<i>B. thuringiensis</i>	2
7	İlk 6 suşun karışımı	<i>B. spp. ve P. spp.</i>	-
8	2B-2-2 + 7-4-3 + U2-1	<i>B. spp. ile 5 ve 6</i>	4-3
9	2B-3-3 + 6-2-2-2B	<i>S. rhizophlia-pseudomonas graminis</i>	5-2
K	Kontrol		-

Tablo 5. Saksı denemesinde kullanılan toprağın kimyasal analiz sonuçları

Makro besin elementleri (%)		Mikro besin elementleri (mg/kg)	
K	0,14	Fe	6915
P	0,15	Mn	222
Ca	2,46	Zn	63
Mg	0,50	Cu	130
Na	0,15	B	7
S	0,11	Al	8093
		Cd	0
pH	7,65	Co	6
EC	0.99 ms/cm	Cr	13
		Ni	27
		Pb	23



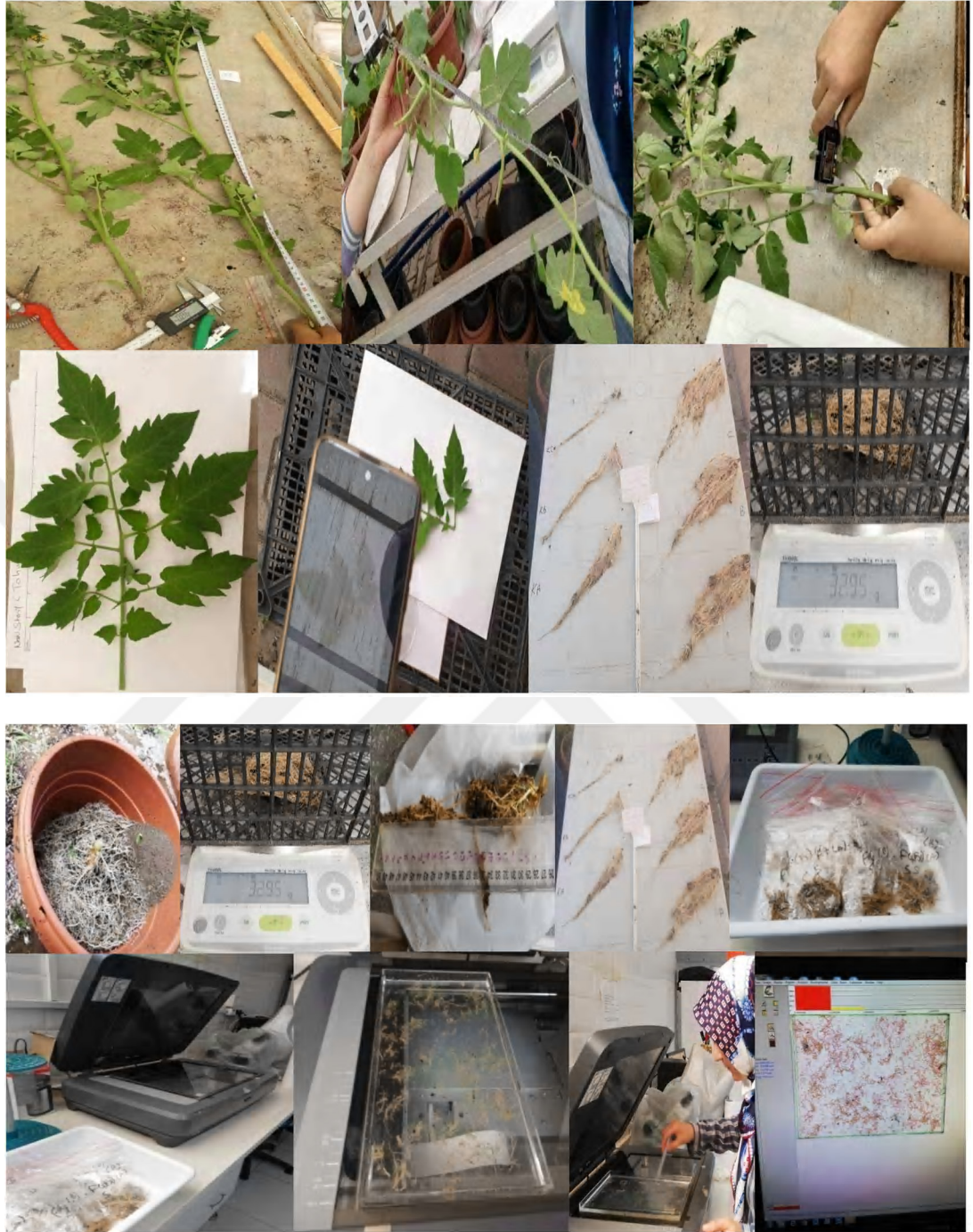
Şekil 16. Saksı denemesi toprak hazırlığı, tohum bakterie inokulasyonu ve saksılara tohumların ekilmesi.



Şekil 17. Fideye bulaştırma için fide ve saksı hazırlığı.



Şekil 18. Birkaç haftalık domates ve karpuz bitkileri.



Şekil 19. Bitkisel parametrelerin belirlenmesi.



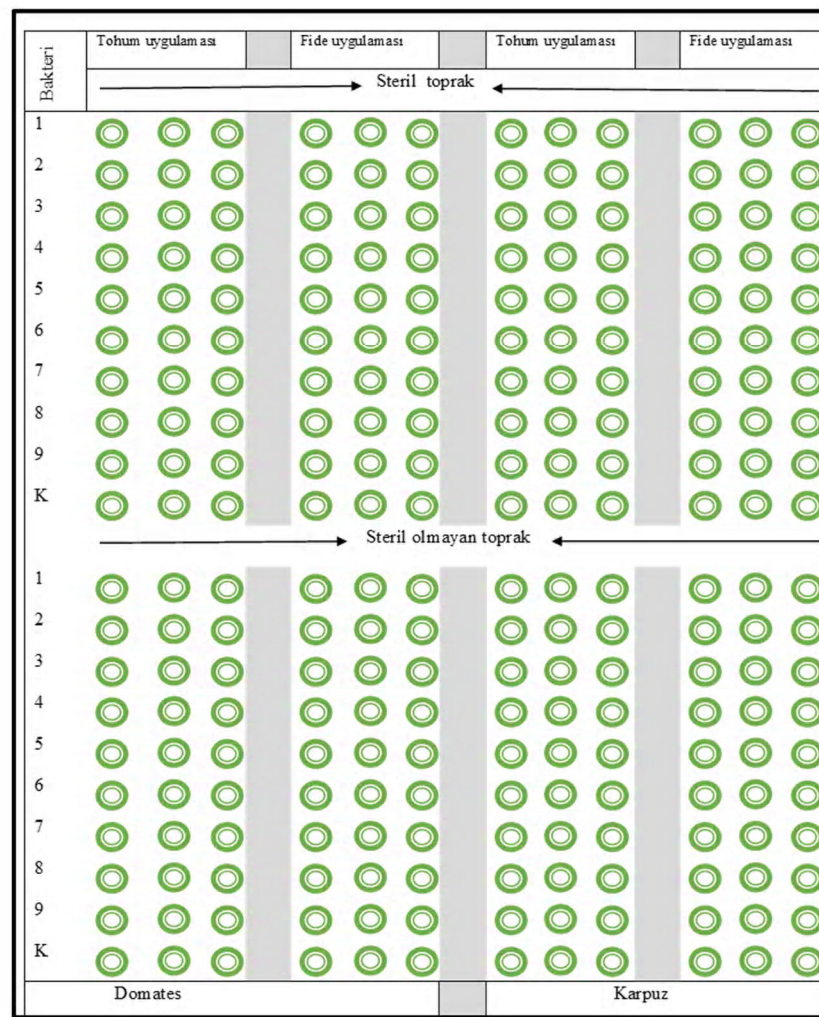
Şekil 20. Domates saksı denemesinde (A) fide ve (B) tohuma bulaştırma (C)Fide ve tohum uygulamasının yan yana görselleri.



Şekil 21. Karpuzda tohumla (A) ve fideye (B) bulaştırma yöntemi sonrası bitki gelişimi.

2.1.8. Bitkisel Verilerin İstatistiksel Analizleri;

Denemler bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulmuştur. Denemde ana parselleri toprak (steril ve steril olmayan), alt parselleri uygulama şekli (tohum ve fide) ve küçük parselleri bakteri izolatları oluşturmuştur (Şekil 22). Denemeden elde edilen bitki parametre verileri SAS paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan ortalamalara ait veriler $p < 0,05$ ve $p < 0,001$ önem seviyesinde Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 22. Saksı denemesi deneme planı.

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1.Toprak Örneklerinin Alındığı Lokasyonlar ve Bitki Türleri

Bitki büyümesini teşvik edici bakteri izolasyonu için; Mayıs-Ağustos aylarında Kayseri ve yöresinin mera ve doğal alanlarında iyi gelişme gösteren bitkilerin rizosfer topraklarından rastgele örnekleme yöntemine göre, 60 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan örnekler steril falkon tüplere konularak etiketlenmiş ve coğrafi konum kayıt altına alınmıştır (Tablo 6). Kayseri’den 43, Nevşehir’ den 6, Niğde’den 6 ve Sivas’tan 5 örnek alınmıştır. Türlerine göre örnekleri; % 73’ü 44 adet ile yonca, %10’u 6 adet ile Macar fiği, %10’u 6 adet ile üçgül, % 3’ü 2 adet korunga, %2-%1.6 kılçıksız brom, gazal boynuzu ve otlak ayrığı 1 er adet oluşturmaktadır.

Tablo 6. Toprak örneklerinin il, ilçe, konum ve bitki türleri

No	İl-İlçe- Mevki	Konum	Bitki Türü
1	KAYSERİ (Yahyalı - Çubuklu)	38°06'02" N; 35°26'33" E	Yonca
2	KAYSERİ (Felahiye- Kayapınar)	39°06'17" N; 35°33'2,4" E	Yonca
3	KAYSERİ (Kocasinan - Göynük)	38°52'49" N; 35°36'34" E	Macar fiği
4	KAYSERİ (Kocasinan - Karakimse)	38°55'17.1"N 35°09'53.8"E	Yonca
5	KAYSERİ Melikgazi - Ağırnas)	38°48'58.0"N 35°42'42.8"E	Yonca
6	KAYSERİ (İncesu -Saraycık)	38°44'15.8"N 35°17'11.1"E	Yonca
7	KAYSERİ Felahiye - Cumhuriyet)	39°03'20.8"N 35°31'38.9"E	Yonca
8	KAYSERİ (Yeşilhisar - Araplı)	38°14'22.0"N 35°03'22.4"E	Korunga
9	KAYSERİ (Yeşilhisar- Kovalı)	38°11'16.9"N 35°10'10.8"E	Yonca
10	KAYSERİ (Yeşilhisar- Kovalı)	38°11'11.1"N 35°09'58.8"E	Yonca
11	KAYSERİ (Develi- Cumhuriyet)	38°21'53.7"N 35°28'25.8"E	Yonca
12	KAYSERİ (Pınarbaşı- Akören)	38°48'57.0"N 36°10'08.9"E	Macar fiği
13	KAYSERİ (Tomarza-Bektaş)	38°18'21.1"N 35°48'42.0"E	Yonca
14	KAYSERİ (Sarız -Yeni mah.)	38°28'57.6"N 36°29'40.3"E	Macar fiği
15	KAYSERİ (Pınarbaşı -Küçükkörmarmut)	38°36'36.8"N 36°19'05.2"E	Macar fiği
16	KAYSERİ Pınarbaşı - Kurttepe)	38°34'52.5"N 36°08'30.8"E	Yonca
1B	KAYSERİ (İncesu -Süksün)	38°46'09.1"N 35°14'09.1"E	Yonca
2B	KAYSERİ (Kocasinan - Beydeğirmeni)	38°49'48.9"N 35°12'37.5"E	Yonca
3B	KAYSERİ (Kocasinan - Yemliha)	38°53'06.1"N 35°15'23.1"E	Yonca
4B	KAYSERİ Kocasinan - Kalkancık)	38°53'14.5"N 35°07'59.7"E	Yonca
5B	KAYSERİ (Kocasinan- Çeşme)	38°51'56.0"N 35°14'18.5"E	Yonca
6B	KAYSERİ (Kocasinan -Ebiç)	38°52'23.5"N 35°16'33.6"E	Yonca

7B	KAYSERİ (Kocasinan- Mahzemin)	38°50'46.6"N 35°19'11.2"E	Yonca
8B	KAYSERİ (Kocasinan - Dadağı)	38°53'25.2"N 35°19'52.5"E	Yonca
9B	KAYSERİ (Kocasinan - Dadağı)	38°53'11.3"N 35°19'08.9"E	Yonca
10B	KAYSERİ (Kocasinan -Akın)	38°51'41.6"N 35°31'22.2"E	Yonca
11B	KAYSERİ (Kocasinan - Elagöz)	38°48'12.6"N 35°30'38.6"E	Yonca
12B	KAYSERİ (Kocasinan - Yazır)	38°50'47.9"N 35°30'00.2"E	Yonca
1A	KAYSERİ (İncesu - Örenşehir)	38°41'42.5"N 35°13'58.2"E	Yonca
2A	KAYSERİ (İncesu -Üçkuyu)	38°40'08.7"N 35°07'53.5"E	Yonca
H1	KAYSERİ (Talas-Çatakdere)	38°39'37.9"N 35°43'25.7"E	Yonca
H2	KAYSERİ (Talas-Çevlik)	38°37'18.1"N 35°46'56.7"E	Yonca
H3	KAYSERİ (Talas-Harman)	38°40'31.4"N 35°32'11.2"E	Üçgül
H4	KAYSERİ (Talas-Kamber)	38°38'32.0"N 35°45'50.5"E	Yonca
H5	KAYSERİ (Talas-Kepez)	38°36'24.4"N 35°40'58.7"E	Yonca
U1	KAYSERİ (Kocasinan- Erkilet)	38°48'16.7"N 35°27'42.0"E	Beyaz Üçgül
U2	KAYSERİ (Kocasinan- Erkilet)	38°48'13.8"N 35°28'24.1"E	Yonca
U3	KAYSERİ (Kocasinan- Erkilet)	38°48'14.0"N 35°28'59.2"E	Pembe Üçgül
H7	KAYSERİ (Talas-Harman)	38°39'42.4"N 35°31'43.3"E	Yonca
H8	KAYSERİ (Talas- Yenidoğan)	38°39'07.7"N 35°32'25.9"E	Yonca
H9	KAYSERİ (Talas-Kepez)	38°36'32.0"N 35°41'13.5"E	Yonca
H10	KAYSERİ (Talas-Zincidere)	38°38'29.4"N 35°34'30.1"E	Üçgül
U4	KAYSERİ (Kocasinan- Erkilet)	38°48'51.7"N 35°28'25.2"E	Yonca
N1	NİĞDE (Çamardı)	37°50'05.9"N 34°58'56.5"E	Yonca
N2	NİĞDE (Bor)	37°52'20.9"N 34°34'12.5"E	Macar fiği

N3	NİĞDE (Merkez)	37°55'36.7"N 34°36'43.4"E	Macar fiği
N4	NİĞDE (Çiftlik)	38°06'17.0"N 34°23'29.7"E	Yonca
N5	NİĞDE (Ulukışla)	37°34'01.7"N 34°27'16.3"E	Yonca
N6	NİĞDE (Altunhisar)	37°59'25.4"N 34°22'42.4"E	Yonca
S1	SİVAS(Şarkışla)	39°21'08.4"N 36°23'19.8"E	Yonca
S2	SİVAS (Şarkışla)	39°21'18.9"N 36°23'28.9"E	Kılçıksız Brom
S3	SİVAS (Şarkışla)	39°21'32.6"N 36°23'39.6"E	Gazal Boynuzu
S4	SİVAS (Şarkışla)	39°21'37.5"N 36°23'51.5"E	Otlak Ayırığı
S5	SİVAS (Şarkışla)	39°21'39.5"N 36°23'42.3"E	Korunga
3A	NEVŞEHİR (Ürgüp-Sofular)	38°42'41.9"N 34°59'16.1"E	Yonca
4A	NEVŞEHİR (Ürgüp-Çökek)	38°41'10.5"N 34°56'25.5"E	Üçgül
5A	NEVŞEHİR (Ürgüp- Karayazı1)	38°38'03.1"N 34°55'03.6"E	Yonca
6A	NEVŞEHİR (Avanos)	39°02'32.6"N 34°58'33.6"E	Yonca
7A	NEVŞEHİR (Avanos- Mahmat)	38°53'22.4"N 34°57'32.6"E	Yonca
8A	NEVŞEHİR(Avanos- Üçkuyu)	39°02'22.9"N 35°00'06.9"E	Yonca

3.2. Toprak Örneklerinin Analizi ve Bakteri Suşları

Toprak örneklerinin Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarında ana kültürü oluşturulmuştur. Ana kültür bakterilerden saflaştırma yapıldı. Saf koloniler ayrılarak petrilere alınmıştır (Tablo 7). Toplamda 208 petride saf koloni elde edildi. Saflaştırılan kolonilerden DNA örnekleri kimyasal yöntem ile elde edildi (Tablo 8). Saflaştırılan koloniler stoğa alınmıştır (Tablo 9). Bakteri suşları isimlendirilerek -80°C'de muhafaza edilmiştir. PCR analizi her primer için ayrı ayrı yapılmıştır. PCR sonuçlarına göre beş genin bakteri suşlarında bulunma durumları Tablo 8'de yer almaktadır (Tablo 8).

Kayseri ve yöresindeki yem bitkileri rizosferinden toplanan 60 toprak örneğinden 278 adet bakteri suşu saflaştırılmıştır. Çalışmamızda saflaştırılan bakteri suşlarının hepsi kullanılmamıştır. Ana kültürden saflaştırılan suşlar NB katı besi yerine petrilere alınmış (Tablo 7), numaralandırılarak 4 °C'de stok kültürleri elde edilmek için muhafaza edilmiştir.

Tablo 7. Ana kültürden saflaştırılan petri sayıları

Toprak örneği numarası	Petri sayısı ve numarası
1	2 Petri (1-1, 1-2)
2	5 Petri (2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5)
3	6 Petri (3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6)
4	5 Petri (4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5)
5	5 Petri (5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5)
6	5 Petri (6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5)
7	5 Petri (7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 7-5)
8	3 Petri (8-1, 8-2, 8-3) *2
9	3 Petri (9-1, 9-2, 9-3) *2
10	2 Petri (10-1, 10-2)
11	4 Petri (11-1, 11-2, 11-3, 11-4)
12	2 Petri (12-1, 12-2)
13	3 Petri (13-1, 13-2, 13-3)
14	3 Petri (14-1, 14-2, 14-3)
15	3 petri (15-1, 15-2, 15-3)
16	2 petri (16-1, 16-2)
1B	5 petri (1B-1, 1B-2, 1B-3, 1B-4, 1B-5) *4
2B	5 petri (2B-1, 2B-2, 2B-3, 2B-4, 2B-5) *4
3B	8 petri (3B-1, 3B-2, 3B-3, 3B-4, 3B-5, 3B-6, 3B-7, 3B-8) *2
4B	6 petri (4B-1, 4B-2, 4B-3, 4B-4, 4B-5, 4B-6) *3
5B	1 petri (5B-1)
6B	1 petri (6B-1)
7B	1 petri (7B-1)
8B	4 petri (8B-1, 8B-2, 8B-3, 8B-4) *3
9B	3 petri (9B-1, 9B-2, 9B-3)
10B	3 petri (10B-1, 10B-2, 10B-3) *2
11B	3 petri (11B-1, 11B-2, 11B-3)
12B	5 petri (12B-1, 12B-2, 12B-3, 12B-4, 12B-5) *2
1A	3 petri (1A-1, 1A-2, 1A-3)
2A	2 petri (2A-1, 2A-2)
3A	3 petri (3A-1, 3A-2, 3A-3)
4A	3 petri (4A-1, 4A-2, 4A-3)
5A	4 petri (5A-1, 5A-2, 5A-3, 5A-4) / 5A-A *3PETRİ
6A	3 petri (6A-1, 6A-2, 6A-3)
7A	1 petri (7A-1)
8A	2 petri (8A-1, 8A-2)
U1	3 petri (U1-1, U1-2, U1-3)
U2	4 petri (U2-1, U2-2, U2-3, U2-4)
U3	3 petri (U3-1, U3-2, U3-3)
U4	3 petri (U4-1, U4-2, U4-3)
5A	3 petri (5A-A-1, 5A-A-2, 5A-A-3) *2
H1	2 petri (H1-1, H1-2)

H2	2 petri (H2-1, H2-2)
H3	4 petri (H3-1, H3-2, H3-3, H3-4)
H4	2 petri (H4-1, H4-2)
H5	2 petri (H5-1, H5-2)
H6	1 petri (H6-1)
H7	1 petri (H7-1)
H8	5 petri (H8-1, H8-2, H8-3, H8-4, H8-5)
H9	3 petri (H9-1, H9-2, H9-3)
H10	1 petri (H10-1)
S1	3 petri (S1-1, S1-2, S1-3) *2
S2	3 petri (S2-1, S2-2, S2-3) *3
S3	3 petri (S3-1, S3-2, S3-3) *2
S4	3 petri (S4-1, S4-2, S4-3)
S5	3 petri (S5-1, S5-2, S5-3)
N4	7 petri (N4-1, N4-2, N4-3, N4-4, N4-5, N4-6, N4-7)
N5	6 petri (N5-1, N5-2, N5-3, N5-4, N5-5, N5-6)

DNA izolasyonu için 208 saf kültür bakteri suşu kullanılmıştır. Wilson 2001 ve Temizkan ve Arda 2012 DNA izolasyon protokolüne göre bakteri suşlarının DNA'ları elde edilerek -80°C'de muhafaza edilmiştir (Tablo 7). Elde edilen DNA'lar PCR analizi için kullanılmıştır.

Saflaştırılan ve kolonilerden DNA izolasyonu yapılan suşlar Tablo 6'da verilmiştir. Toplam 208 suşdan DNA izolasyonu yapılmıştır.

Tablo 8. DNA izolasyonu yapılan suşlar

Bakteri Suşları				
9B-2	2B-2-3-2	7-4-3	3B-7	H2-2
9-2	U2-4	3B-2	5-5	H4-1
1B-5-3	69-29eü	8A-2	S5-1	H9-3
1B-2-2	6-2-2-2	U1-3	S5-2	13-1
16-2	7-3-2	10B-3	S5-3	13-2
12-2	3A-3-1-1	3B-8-3	S1-1	13-3
8B-1	3A-3-1-2	14-2	S1-2	12B-1
4B-3-1	2B-1	U1-1-2	S1-3	12B-2
2A-1	6-1-2	16.-2-1	S3-1	12B-3
15-2-1	2-4-2	7-5	S3-2	12B-5
9-4-1-1-1	1A-2	U3-3	S3-3	12B-4
4B-5-1	U4-1	4B-4-1	5A-2-1	5A-1
U4-1-2	U4-2	4B-5-2	5A-2-2	5A-2
U4-1-1	4B-5-1	2B-3-3	N4-1	5A-3
4B-5-2	3B-4-1	15-1	N4-2	5A-4
6-2-1-1	11B-3	3A-2-1	N4-3	5B
9-2	1A-1-2	1-1	N4-4	6B
1A-3	2B-2	1B.-5-2	N4-5	7B
3B-4-1	2B-2-3-1	2B-1	N4-6	8A-1
2B-1	2B-2-1	1B-2-1	N4-7	7A
3B-8-1	3A-3-2	U2-3-1-1	N5-1	H6-1
1A-2	U2-1	U2-3-1-2	N5-2	13-2
2B-2-1	U3-2-2	3-2	N5-3	74-8
6-2-1-2	2B-3-2	9-4-1-2	N5-4	3-3a
1-2	4A-3-2	U1-1-1	N5-5	21-4-3
U4-2	U1-2	3B-4-1	N5-6	74-3
3A-2-2	3B-4-2	4A-3-1	H5-1	11B-2
3A-3-1-1	7-4-1	4B-4-2	H5-2	G12-1
4A-3-3	3B-5-2	12-2	H4	G12-2
7-3-2	2A-2	3-3	H1	EÜ46-21
4B-5-1	4A-1-1	2B-3-3	H2	EÜ46-22
U2-4	4A-3-2	2B-2-2	H8-4	EÜ46-23
3A-3-1-2	16-2-2-2	9B-3	H8-1	61-e
2-4-2	6-2-2-3	3B-3	H3-2	EÜ4
6-1	U3-2-1	5-4-2	H2-1	EÜ33b
11B-1	U2-3-1	3-6	H9-2	61-29e
U4-1	6-5	5-4-1	H10-1	74.3EÜ
11B-2	5-1	4-3	H3-1	3-1
1A-1-1	1B-2-2	U2-3-2	H3-4	3-2
3B-4-1	10B-1	2B-4-2	H4-2	3-4
9-2-1	4A-12	2B-4-1	H3-3	3-6
1A-3	12.-1	5-4-3	H8-5	S4-1
3A-2-2	8-3	3B-4-3	H8-3	S4-2
3B-8-1	4B-4-3	9-4-2	H9-1	S4-3
1-2	15-2	U4-3	H8-2	7B-1

DNA izolasyonu yapıldıktan sonra petrilere saf kültürler stoğa alınarak kayıt numaraları oluşturulmuştur (Tablo 8). 278 adet stok bakteri suşları -80°C’ de muhafaza edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Stok bakteri listesi ve alındığı tarihler (2021)

Tarihler	Bakteri kodları	Adet
07.01	10-2, 4-5,10-1,12-1, 14-1, 7-2, 16-1, 11B-3, 1B-3, 8-2, 3B-1, 3A-1, 3-4, 6-3, 8B-3, 6-4, 5-2, 8A-1, 1B-4	19
08.01	7-1, 2B-3, 9-3, 1B-2, 3-3, 4-4, 11-1, 3-1, 2-2, 6-1, 4-2, 4B-6, 11-3, 11-4, 1B-1, 2-1, 3-5, 3B-6, 14-3, 8-1, 4B-1, 8-1-1, 1B-3, 6-4	24
12.01	9-1, 1-1, 3A-2-1, 9-1-2, 2B-1, 4-1, 7-5, 15-1, 3-6, 9B-3, 8B-2, 15-3, 5-1, 4-3, 13-1, 9B-1, 11B-1, 3-2, 2B-5, 3B-3, 11-2, 2-5, 13-2, 8B-4, U2-2, 2A-2, U4-2, 3B-8-2, 3B-5-2, U2-1, 3B-4-2, 3B-5-1	32
13.01	3B-4-1, 12-1, 3A-2-2, 2-4-1, 2B-2-1, 9-2, 2-4-2, 5-3, 1A-1-1, 6-1, 4A-3-3, 1B-2-2, 2A-1, U2-4, 4B-3-1, 9-2, 7-3-2, 6-2, 1B5-3, 3B-8-1, 1A-3, 1-2, 2B-1, 9B-2, 11B-2, 1A-2, 12-2, 8B-1	28
14.01	5-1, U3-3, 3B-2, 1B-5-2, 4B-3-2, 10B-3, U3-1-1, 4A-1-2, 6-5, 5-5, 4B-5-3, 4B-2-2, 1B-1-1, 13-3, 10B-2, 8-3, 3B-8-3, U1-3, U4-3, 1B-5-1, 3B-7	21
15. 01	3B-4-2, 16-2-2-1, 1B-2-1, U3-1-2, 6-2-2-2, 2B-2-3-2, 16-2-2-2, 3A-3-1-2, 2B-2-3-1, 6-2-2-3, 6-2-1-2, 9-4-2, U3-2-1, 4A-3-1, 6-2-2, 4A-3-2, U1-2, 1A-1-2, U3-2-2, 4A-1-1, U1-1-1, 3A-3-2, 9-4-1-2, U2-3-1-1, 4A-1-1, 7-4-1, 7-4-2, 7-4-3, 14-2, 16-2-1, 3B-4-3, 10B-1, U1-1-2, 8A-2	34
18.01	2-3-1, 2-3-2, 1B-2-2, 5-4-1, 1B-2-1, 1B-2-2, 4B-4-1, 5-4-3, 5-4-2, 2B-3-1, 2B-3-2, 2B-3-3, 12-2-1, 2B-4-1, 2B-4-2, 4B-4-2, 4B-5-2	17
19.01	4B-2-1, 15-2-1, 6-2-1-1, 6-2-1-2, 3A-3-1-2, 3A-1-1, 13-2, 74-8, 3-3a, 21-4-3, 74-3, 11B-2, G12-1, G12-2, EÜ46-21, EÜ46-22, EÜ46-23, 61-e, EÜ4, EÜ33b, 61-29e, 743EÜ, 3-1, 3-2, 3-4, 3-6	26
21.01	9-4-1-1-2, 7-3-1-1, 7-3-1-2, 4B-5-2, U4-1-1, U4-1-2, 4B-5-1, 9-4-1-1-1	8
01.06	6A-1, 6A-2, 6A-3, 5A-1, 5A-2, 5A-3, 5A-4, 12B-1, 12B-2, 12B-3, 12B-4, 12B-5, 5A-A-1, 5A-A-2, 5A-A-3, H5-1, H5-2, H4, H1, H2, H8-4, H8-1, H3-2, H2-1, H9-2, H10-1, H3-1, H3-4, H4-2, H3-3, H8-5, H8-3, H9-1, H8-2, H2-2	35

06.06	S5-1, S5-2, S5-3, S1-1, S1-2, S1-3, S3-1, S3-2, S3-3, 5A-2-1, 5A-2-2, H9-3, H4-1	13
11.06	S2-1, S2-2, S2-3, S4-1, S4-2, S4-3, 5A-4-2, 5A-4-1	8
29.08	N4-1, N4-2, N4-3, N4-4, N4-5, N4-6, N4-7, N5-1, N5-2, N5-3, N5-4, N5-5, N5-6	13
Toplam		278

PCR testleri ile bakteri izolatlarının PGPR genlerini taşıyıp taşımadığı belirlenmiştir. Tablo 7'deki 208 bakteri suşundan 144 tanesinin 5 genden en az birini ihtiva ettiği belirlenmiştir. Yapılan PCR analizleri ile taranan primerlere göre; izolatlardan 26 Siderefor üretme, 31'i ACfosfat çözme, 64'ü Fitaz, 24'ü ACC Deaminaz ve 90'ı IAA üretme kapasitesine sahip gen bölgelerinin sahip olduğu görülmüştür.

Elde edilen suşlardan 66 adeti tek gen, 42'si iki gen, 16'sı 3 gen, 14'ü 4 gen ve 6'sının ise 5 gen bölgesine sahip olduğu bulunmuştur (Tablo 10 ve Şekil 23). Gen varlıkları belirlenen suşlar kayıt altına alınmış Erciyes Üniversitesi Tarımsal Biyoteknoloji ve Bahçe Bitkileri laboratuvarlarında muhafaza edilmektedir.

Tablo 10. PCR Analizi sonuçlarına göre beş genin bakteri suşlarında bulunma durumları

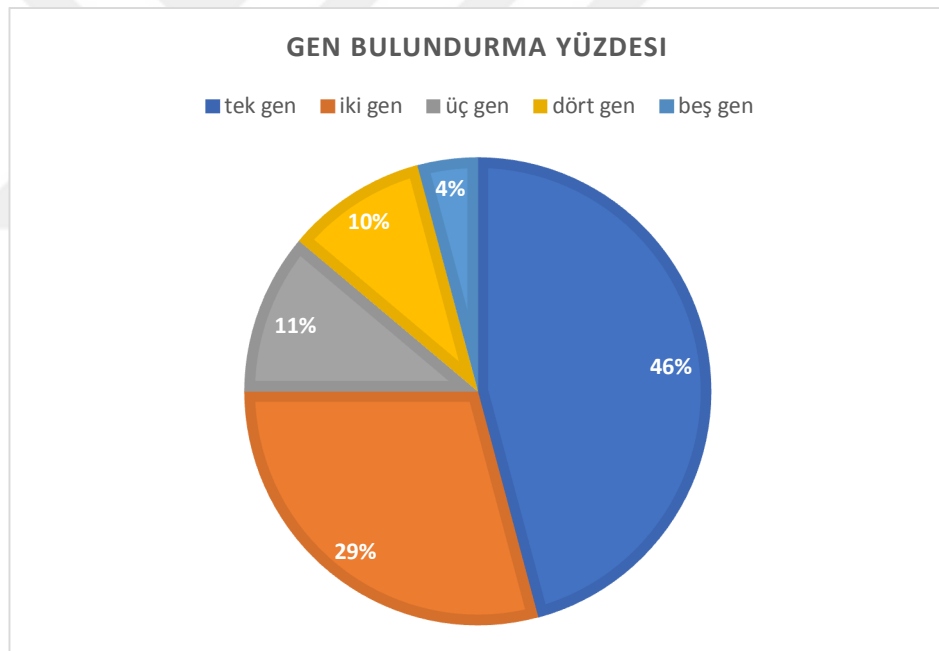
Sıra	Suş	AC	ACC	Siderefor	Fitaz	IAA(Oksin)
		Phosphatase	Deaminase			
1	1B-2-1	*		*	*	*
2	8A-2	*				*
3	15-2	*				*
4	2B-5	*				
5	16-2-3-3	*		*		
6	6-2-1-2	*			*	*
7	U3-2-2	*				*
8	7-4-1	*	*			
9	1B-5-3	*		*	*	
10	2B-2-3-1	*		*	*	
11	2B-2-2	*		*	*	*
12	8B-1	*				*
13	9B-3	*	*			
14	9B-2	*	*			*
15	10B-2	*	*			*
16	1-2	*	*			
17	9-4-2	*	*	*	*	*
18	74-3EU	*				*
19	4-3	*	*		*	*
20	2A-1	*		*		*
21	3B-4-1	*	*	*		*
22	2B-1	*		*	*	*
23	4B-4-1	*	*			*
24	10B-3					*
25	9B	*				
26	5-1	*				
27	7-4-3	*				*
28	12-2	*			*	
29	U1-3	*	*		*	*
30	U4-3	*	*	*	*	*
31	4B-5-2	*	*			*
32	7-5	*	*	*	*	
33	16-2-2-1		*		*	
34	3B-4-3		*	*		*
35	4A-3-1		*	*	*	*
36	2B-3-1		*		*	
37	5-4-1		*			*
38	2B-3-3		*		*	
39	1B-2-1		*	*	*	*
40	4B-4-2		*			*
41	9-4-1-2		*			*
42	2B-4-1		*		*	
43	9-2		*	*	*	*

44	4-2	*			
45	3B-5-2		*		
46	3A-3-2		*		*
47	3B-4-2		*		*
46	U2-3-1		*		
49	61-29eü		*	*	*
50	U2-4		*		
51	U2-6		*	*	
52	15-2-1		*	*	
53	6-2-2-3		*	*	*
54	1-1		*	*	*
55	2B-3-1		*	*	*
56	3A-2-1			*	
57	3B-7			*	*
58	2B-2-1			*	*
59	6-2-2-2			*	
60	4A-3-2			*	*
61	2A-2			*	
62	2B-3-2			*	
63	4B-5-1			*	*
64	4B-5-3			*	*
65	2B-2-3-2			*	*
66	1A-3			*	*
67	1A-2			*	*
68	3B-2			*	*
69	U4-1-1			*	*
70	U4-1-2			*	*
71	10B-1			*	*
71	3B-8-3			*	*
73	12-1			*	*
74	U1-1-2			*	
75	14-2			*	*
76	U2-3-1-2				*
77	3A-2-2			*	*
78	3A3-1-1			*	*
79	16-2-1			*	*
80	4A-2-1				*
81	2-4-2				*
82	U3-3				*
83	U1-1-1				*
84	5-5				*
85	5-2-1				*
86	5-4-3				*
87	U2-3-1-1				*

88	U1-2					*
89	U2-2					*
90	6-2-1-1					*
91	4					*
92	4A-1-1					*
93	U3-2-1					*
94	U4-1					*
95	U3-1					*
96	6-1					*
97	U2-1-	*	*	*		*
98	4B-3-1					*
99	3B-8-1					*
100	16-2-3-2					*
101	9-4-1					*
102	1A-1-1					*
103	6-3					*
104	U2-9					*
105	15-2-1					*
106	5A-2-1	*	*	*	*	*
107	H10-1	*	*	*	*	*
108	6-2-2B	*	*	*	*	*
109	S3-3	*	*	*	*	*
110	S4-2		*	*	*	*
111	S5-1		*	*	*	*
112	S5-3		*	*	*	*
113	6-2-2A		*	*	*	
114	5A-2-2	*		*		*
115	H9-1	*		*		
116	H10-1			*	*	
117	S3-2	*				
118	H8-3	*				
119	S5-2	*				
120	S4-1	*				
121	S2-1				*	
122	S2-3	*				
123	H4-2				*	
124	12B-5				*	
125	3B-4-2		*			
126	U1-3		*			
127	H5-1		*			
128	H4-2			*		
129	H5-2			*		
130	H2					*
131	S3-1					*

132	H10-2			*
133	9B-1		*	*
134	16-2-2-2		*	
135	N4-3			*
136	N5-3-7			*
137	N5-7-2			*
138	N5-7-1	*		
139	N4-2	*		
140	N5-3-1	*		
141	N5-1			*
142	13-1			*
143	3-3a			*
144	N2-1			*

*Gen bulundurma durumu

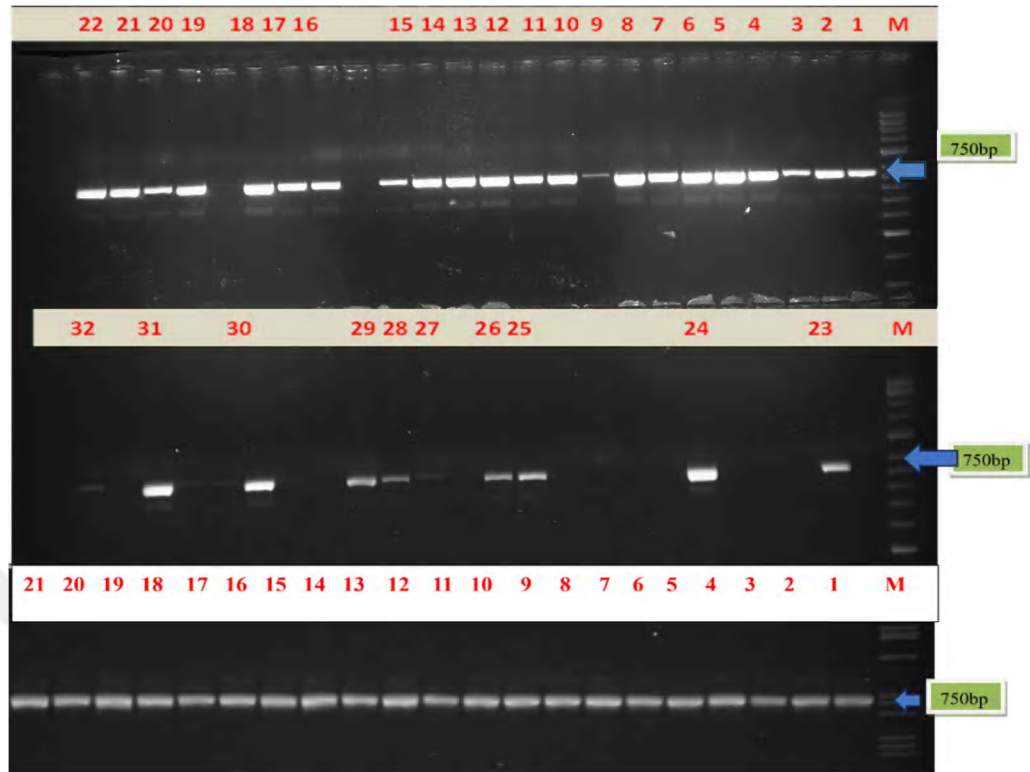


Şekil 23. Elde edilen suşların gen bulundurma durumu.

Siderofor geni için PCR primerleri ile taranan tüm izolatlardan 26'sı pozitif bulunmuştur (Şekil 24). 750 bp de bant göstermiş pozitif sonuç olarak alınmıştır. Çalışmamız kapsamında siderefor geni taşıyan bakteri suşlarından *Bacillus* spp. *Pseudomonas* spp. ve *Stenotrophomonas* spp. olarak farklı bakteri gruplarında yer almıştır.

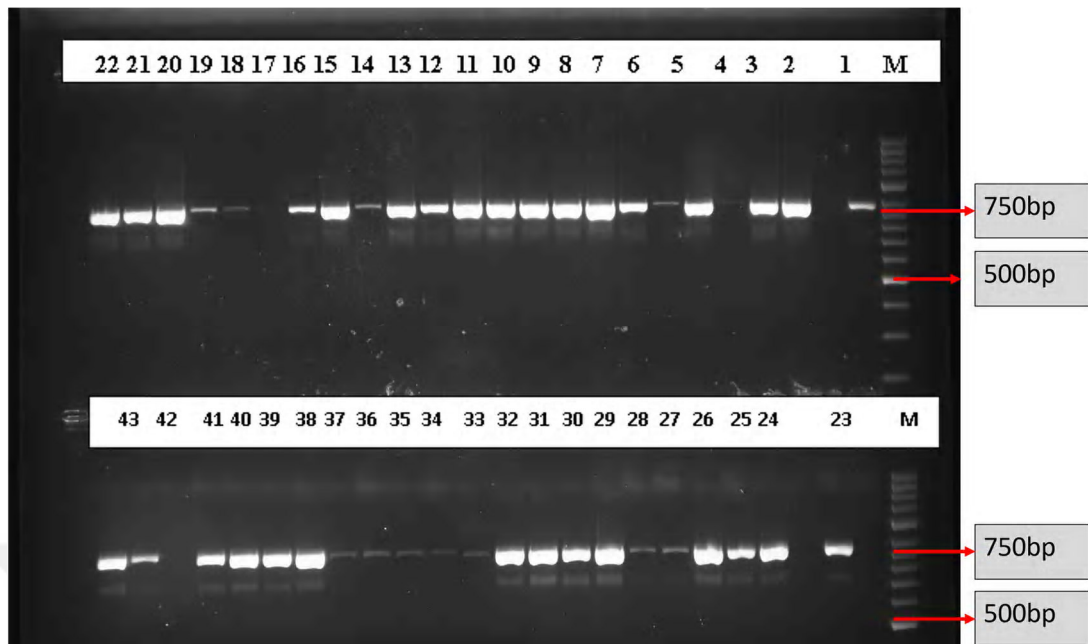
Yapılan bir çalışmada, sideroforun yaygın olarak *B. cereus* grubu tarafından üretildiği rapor edilmiştir (Park, 2005). Son yıllarda, bitki kökünde bulunan özellikle *Pseudomonas*'lar tarafından oluşturulan sideroforlar ve patojenlerin üremesini inhibe eden antimikrobiyal metabolitler biyolojik kontrol de önem kazanmıştır (Fujimoto ve ark.,1995; Walsh ve ark., 2001; Nagarajkumar ve ark., 2004). Mikroorganizmalar farklı kimyasal özellikte yüzlerce siderofor üretmektedir (Ratledge ve Dover, 2000). *Pseudomonas*'lar tarafından üretilen sideroforlar, gerekli olan Fe-III bağlayarak, fungal patojenlerin spor oluşumunu engellediği ve hastalığı ortadan kaldırdığı bildirilmiştir (Montesinos ve ark., 2002). Sideroforlar çoğunlukla kimyasal kompozisyon ve mikrobiyal orijinlerine göre hidroksamat, katekolat (fenolat) ve karboksilat (örneğin, sitrik asit türevleri) ve karışık ligantlar olmak üzere dört önemli gruba ayrılmış: Katekolat'da *Bacillus subtilis* ve *B. anthracis* ve karışık ligant'de *Pseudomonas aeruginosa* suşları yer almıştır (Modi ve ark., 2012).

Bakteriler, özellikle demir için rekabet yeteneğiyle bitkiye demir sağlamak ve fitopatojenik mantarların biyolojik kontrolü için siderofore kullanabilir (Masalha, 2000; Sharma, 2003). Hem siderofore hem de AcPho genlerini taşıyan izolatlar, bitkinin büyümesinin teşviki için iyi adaylar olarak bitkilere demir ve fosfat sağlama yeteneğine sahip olabilirler. Ancak genlerin varlığı, bakterileri büyümeyi teşvik edici olarak kabul etmek için yeterli değildir. Ayrıca kontrollü koşullar altında büyümeyi teşvik eden bakterilerin saha koşullarında tekrarlı olarak denenmesi gerekmektedir. Çünkü *in vitro* olarak etkili olan bazı suşlar, sıcaklık, pH ve tuzluluk gibi değişen fiziksel ve kimyasal faktörler nedeniyle saha koşullarında kapasitelerini koruyamayabilir (Nautiyal, 2000).



Şekil 24. Siderefor primeri PCR jel görüntüsü.

Tüm izolatlardan 31'inde PCR'da AC Phosphatase PCR primerleri ile beklenen bant uzunluğu (750 bp) elde edilmiştir (Şekil 25). *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Stenotrophomonas* spp. olmak üzere bakteriler farklı türde gruplanmıştır. Fosforun nükleik asit biyosentezinde ve ayrıca enerji metabolizmasında ana element olduğu ve bu nedenle bitki büyümesi için kritik bir öneme sahip olduğu açıktır (Singh 2011). *Bacillus* türleri, önemli miktarda asit fosfataz eksprese eden ve bitkilerin büyüme ve gelişmesine yardımcı olan mikroorganizmalar arasındadır (Skrary, 1998; Singh, 2011). Asit fosfatazların önemli bir kısmını eksprese eden toprak bakterileri arasında *Rhizobium* (Abd-Alla, 1994), *Proteus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia* (Thaller ve ark, 1995), cinslerinin suşları olduğu gibi *Bacillus* (Skraly ve Cameron 1998) ve *Pseudomonas* (Gügi ve ark., 1991) cinslerini de içermektedir. Fosfat alınımı ve taşınımı için ilgili genleri belirlemek ve karakterize etmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Rossolini ve ark, 1998; Shenoy ve Kalagudi, 2005).



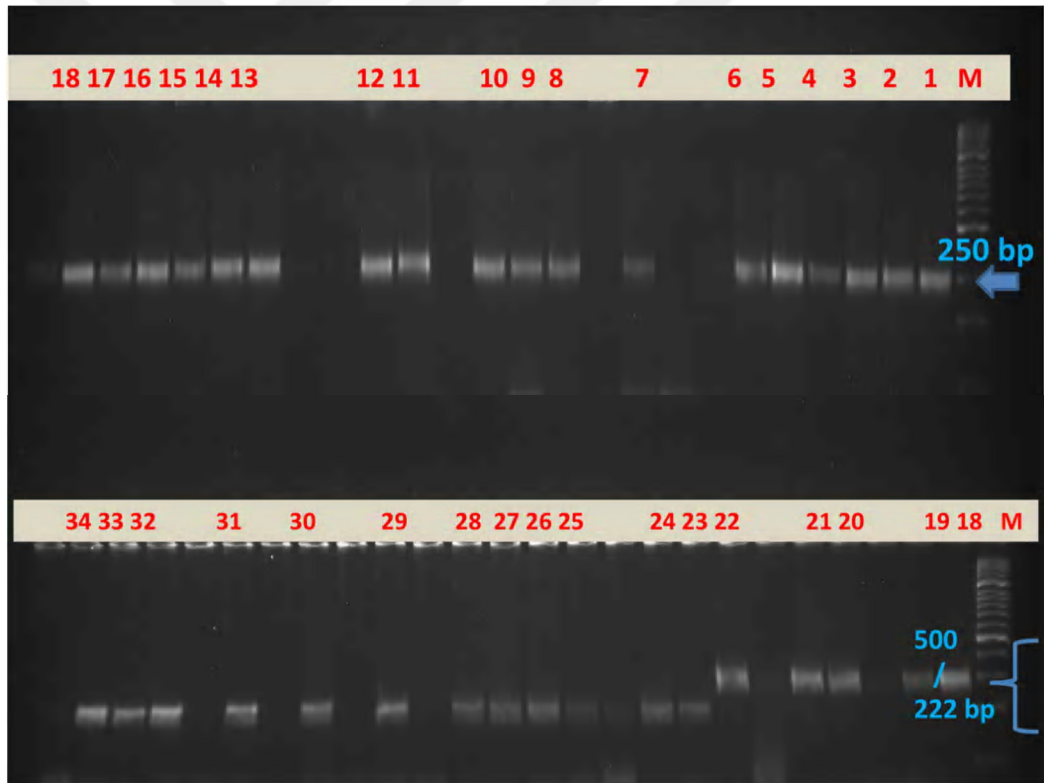
Şekil 25. AC Phosphatase primeri PCR Jel görüntüsü.

Fitaz primerleri ile yapılan PCR analizleri sonucunda 144 izolattan 64'ünde istenen bant uzunluğu 222-592 bp aralıklarında bulunmuştur (Şekil 26). *Bacillus* spp. *Pseudomonas* spp. ve *Stenotrophomonas* spp. olmak üzere bakteriler farklı türde gruplanmıştır.

Çalışmada Fitaz kodlayan genleri tespit etmek için 16S rRNA moleküler yaklaşımlarıyla (George ve ark., 2005; Lung ve ark., 2005; Hill ve Richardson, 2007) fitaz enzimleri için PCR primerlerinin *Bacillus* tarafından üretilmiştir sonucuna varılmıştır (Hill ve ark., 2007; Lim ve ark., 2007; Vashishth, 2018). Başka bir çalışma *Paenibacillus* ve *Bacillus* popülasyonlarının Şili' deki mera bitkilerinin rizosferinde volkanik topraklardan, BPP tipi enzimleri kodlayan fitaz genleri taşıdığını göstermiştir (Vashishth, 2018). Raddadi ve ark., (2008) ise çeşitli PGPR bakteri suşlarında fitaz genlerinin PCR ile tespitini yapmıştır. Çeşitli bakteri koleksiyonlarından toplanan *Bacillus thuringiensis*'lerde de fitaz gennini içeren suşlar ortaya konmuştur (Hill ve Richardson, 2007). Volkanik mera topraklarındada bitki büyüme ve gelişmesi için tek fitaz kaynağı olabilecek gram-pozitif bakterilere sahip olarak fitazı kullanma yeteneğine sahip *Bacillus* β -pervane fitaz (BPP) geninin tespiti ve miktar tayini için PCR tabanlı yöntemlerle araştırılmış, üretim ve depolama sırasında gram-negatif bakterilerden daha fazla fitaz kullanım yeteneğine sahip olduğu bulunmuştur (Milko, 2011). Toprak

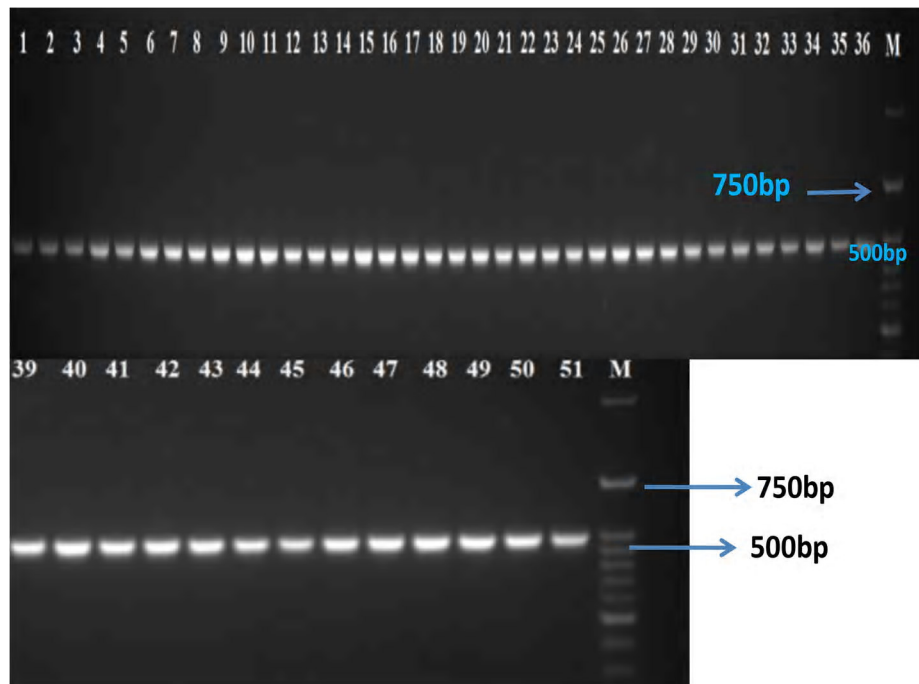
mikrokozmoslarına ve rizosfer içinde inokülasyon sonrası bir fitat mineralize eden suş olan *Bacillus* sp. MQH19'un varlığını ve kalıcılığını izlemek için deneyler yürütülmüş. Şili Andisol'lerinden doğal mera topraklarında BPP geninin varlığı da incelenmiş. Çalışma sonuçlarına göre, *Bacillus* BPP geninin steril ve steril olmayan mikrokozmoslarda kolayca tespit edildiğini ve kantitatif PCR (qPCR) yöntemlerinin BPP geninin varlığında fitaz üretimini teşvik etmiştir.

Farklı bir çalışmada *Bacillus* suşları hali hazırda izole edilerek geliştirilmiş (McSpadden Gardener, 2004) ve fitaz üretimi gibi özellikleri taşıyabileceği ortaya konmuştur (Konietzny, 2002; Jorquera ve ark, 2008b).



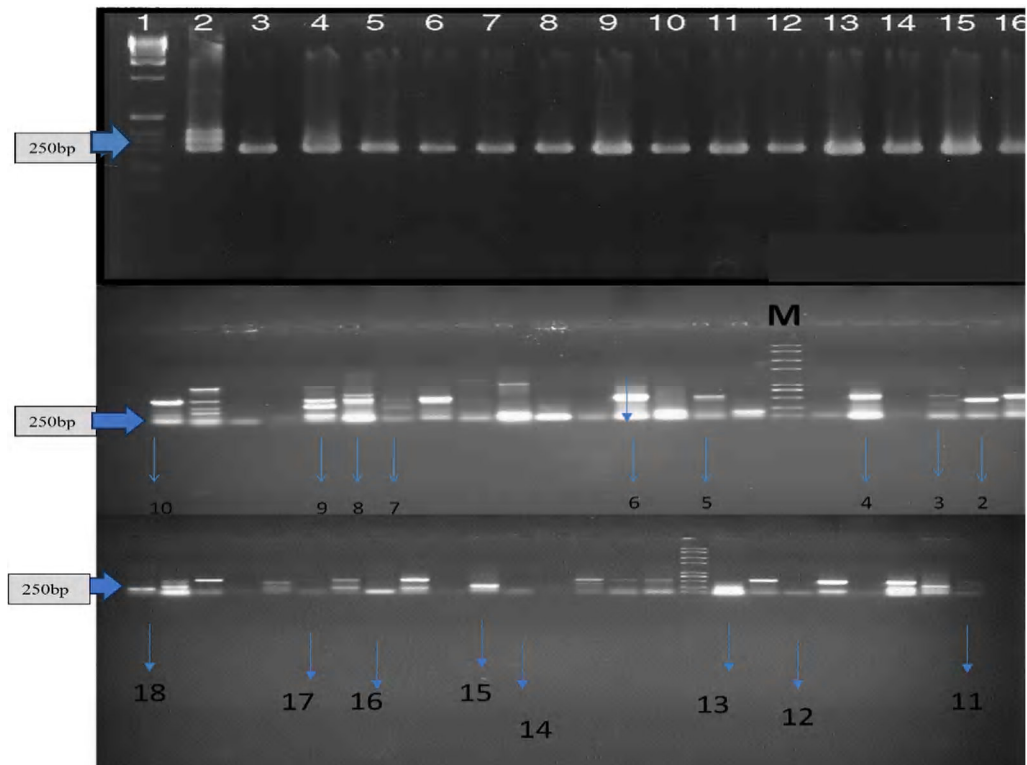
Şekil 26. Fitaz primeri PCR jel görüntüsü.

144 bakteri izolatu ACC deaminaz kodlayan genler için taranmış ve 24 izolat 750 bp bant uzunluğu ile beklenen bantları vermiştir (şekil 27). *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Stenotrophomonas* spp. olmak üzere bakteriler farklı türde gruplanmıştır. Birçok PGPR türünün, ACC' yi hidrolize ederek uyarıcı etkiye sahip olan ve dolayısıyla bitkilerde etilen üretimini engelleyen ACC deaminaz üretme potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir (Penrose, 2003; Raddadi ve ark, 2008; Onofre-Lemus, 2009). ACC deaminaz enzim bitkinin tohumlarından ve köklerinden salınabilir. Deaminaz aktivitesine sahip bakteriler, köklerde ACC konsantrasyonunu ve dolayısıyla etilen biyosentezini azaltabilir ve büyümeyi teşvik edebilir (Glick, 1998). *B. thuringiensis*'in ACC Deaminaz ürettiği ve yapılan PCR analizleri ile gen varlığı ortaya konmuştur (Raddadi ve ark, 2005, 2007). Etilen seviyesini düşürmenin yanı sıra öncüsü olan ACC deaminazlarının hidrolizi de bitkileri bazı zararlı etkilerinden koruduğu gösterilmiştir. Bunlardan bazıları ağır metaller dahil çevresel stresler (Belimov ve ark., 2005), sel (Grichko ve Glick, 2001), tuz (Mayak ve ark., 2004a), kuraklık (Mayak ve ark., 2004b) ve fitopatojenler (Wang ve ark., 2000), bitkide etilen sentezini uyarır. *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Enterobacter* ve *Bacillus* gibi rizobakteriler, ACC deaminaz salgılanması yoluyla bitki stres hormonu olan etilen üretimini azaltabilir ve böylece bitki büyüme inhibisyonunu önlemektedir (Bhattacharyya ve Jha, 2012).



şekil 27. ACC Deaminase primeri PCR jel görüntüsü.

IAA primerleri ile yapılan PCR analizleri sonucunda 144 bakteri izolatından 90'ında istenen bant uzunluğu olan 250 bp uzunluktaki bantlar belirlenmiştir (Şekil 28). *Bacillus* spp. *Pseudomonas* spp. ve *Stenotrophomonas* spp. olmak üzere bakteriler farklı türde gruplanmıştır. Bizim çalışmamızla benzer sonuçları bazı araştırmacılar *B. thuringiensis* ve *P. putida* bakteri suşlarında almıştır (Raddadi ve ark., 2005, 2007; Rajkumar, 2014). Birçok yapılmış çalışmada *B. thuringiensis* izolatlarının IAA üretme yeteneğine sahip olduğu bulunmuştur. IAA üretiminin pirüvik asit veya indol-3-asetamid yolakları ile ya da *B. thuringiensis* suşlarının tamamında olmasa da ipdC geni ile IAA üretimini teşvik etmektedir. IAA'nın biyosentezinde rol oynayan anahtar bir enzim olan dekarboksilazdır (Schutz ve ark., 2003). *B. thuringiensis* ve IAA üretme yeteneği olan bakteri suşları bitki büyümesini teşvik eden yararlı bakterilerdir (Patten ve Glick, 2002). En önemli aktif IAA üretici cinsler arasında *Microbacterium*, *Sphingomonas*, *Rhizobium* ve *Mycobacterium* cinsleri yer almaktadır. Bunlara ilaveten *Pseudomonas* ve *Bacillus* biyostimulant cinsleri de bu suşlar arasında sayılabilir (Arshad ve Frankenberger 1991; Sarwar ve Frankenberger, 1994; Barazani ve Friedman, 1999; Khalid ve ark., 2004; Ahmad ve ark., 2005; Mandal ve ark., 2007; Spaepen ve ark., 2007).

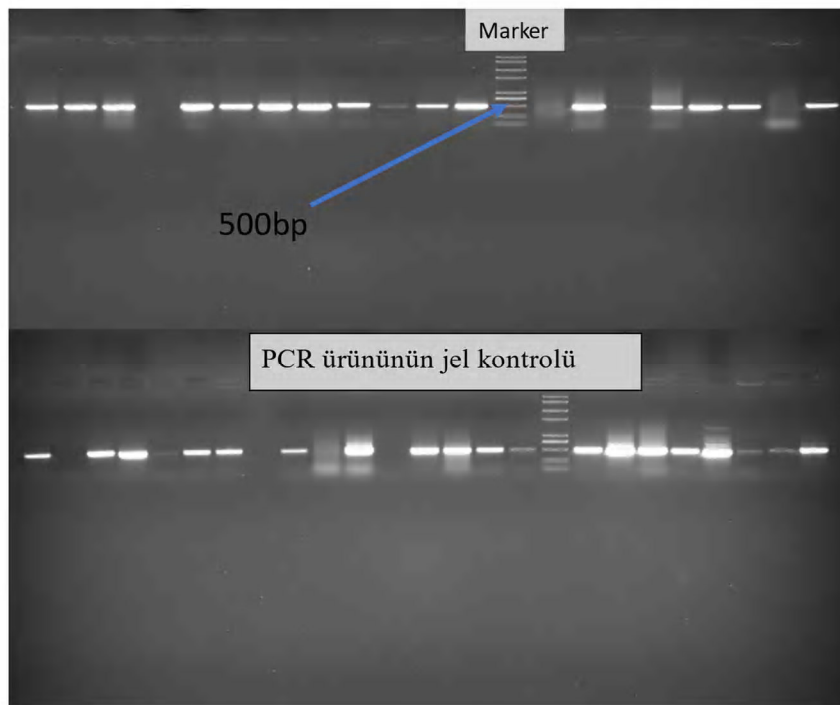


Şekil 28. IAA primeri PCR jel görüntüsü.

3.3. Bakterilerde İki Farklı Yöntemle Tür Tanımlanması

Bakterilerin tanımlanması 16s PCR DNA analizi sonrası kesilen ve -18 °C 'de muhafaza edilen bantlar Jel Ekstraksiyon Kiti (Hibrogen MG-GDNA-01-50) ile geri kazandırıldı ve analize hazırlandı. Analize göndermeden önce örnekleri jelde yürüterek tek ve 500 bp'de net bantlar olduğunun sağlanması yapıldı ve Ficus Biyoteknolojiye SANGER dizilemeleri yaptırılmıştır (Şekil 29).

Kayseri ili ve çevre il topraklarından izole edilen bakteri örneklerinden 16S rDNA primerleri kullanılarak çoğaltılan bölgelerin dizi analizinden elde edilen baz sıralarının NCBI BLAST veri tabanında gerçekleştirilen karşılaştırmalı yorumlarından ortaya çıkan tanımlama sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. Çalışmamızda Kayseri ilinden alınan toprak örneklerinden izole edilen bakterinin 16S rDNA sonuçlarına göre; 13 farklı türe dahil olduğu (%11'i *Pseudomonas* spp, % 4'i *Stenotrophomonas* spp, %5.5 *Leclercia adecarboxylata*, %61.40'i ise *Bacillus* spp ve %18 diğer) tespit edilmiştir (Tablo 11).



Şekil 29. Bakteri suşlarının 16S jel görüntüleri.

Tablo 11. Bruker Daltonik MALDI Biotyper’ile tanımlanan bakteri suşları ve tür isimleri

Bakteri			
Numara	Suşları	Tür	Sayı
1	16-2-2-1	<i>Bacillus thuringiensis</i>	5
2	2B-3-1	<i>Bacillus thuringiensis</i>	
3	2B-2-2	<i>Bacillus thuringiensis</i>	
4	S3-3	<i>Bacillus thuringiensis</i>	
5	2B-1	<i>Bacillus thuringiensis</i>	
6	7-4-3	<i>Bacillus megaterium</i>	1
7	1B-2-1	<i>Bacillus marisflavi</i>	1
8	9-4-1-2	<i>Bacillus pimus</i>	8
9	4-3	<i>Bacillus pimus</i>	
10	6-2-2-3	<i>Bacillus pimus</i>	
11	H1	<i>Bacillus pimus</i>	
12	1A-2	<i>Bacillus pimus</i>	
13	8B-4	<i>Bacillus pimus</i>	1
14	S5-1	<i>Bacillus pimus</i>	
15	5A-2-2	<i>Bacillus pimus</i>	
16	H10-1	<i>Bacillus spp</i>	
17	10B-1	<i>Bacillus altitudinis</i>	2
18	1B-2-2	<i>Bacillus altitudinis</i>	
19	H9-1	<i>Bacillus cereus</i>	14
20	S5-3	<i>Bacillus cereus</i>	
21	10B-2	<i>Bacillus cereus</i>	
22	14-2	<i>Bacillus cereus</i>	
23	12-2	<i>Bacillus cereus</i>	
24	3B-4-3	<i>Bacillus cereus</i>	
25	3A-3-1	<i>Bacillus cereus</i>	
26	3B-4-1	<i>Bacillus cereus</i>	
27	743	<i>Bacillus cereus</i>	
28	1-2	<i>Bacillus cereus</i>	
29	6-2	<i>Bacillus cereus</i>	
30	2A-1	<i>Bacillus cereus</i>	
31	N5-1	<i>Bacillus cereus</i>	

32	9B-2	<i>Bacillus cereus</i>	
33	EU33b	<i>Bacillus subtilis</i>	1
34	6-2-1-2	<i>Pseudomonas graminis</i>	
35	6-2-2-2A	<i>Pseudomonas graminis</i>	3
36	6-2-2-2B	<i>Pseudomonas graminis</i>	
37	9-4-2	<i>Pseudomonas putida</i>	1
38	U4-3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1
39	3B-4-2	<i>Staphylococcus vitulinus</i>	2
40	9B-3	<i>Staphylococcus vitulinus</i>	
41	2B-3-3	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	1
42	5A-2-1	<i>Stenotrophomonas sp</i>	1
43	S3-2	<i>Paenarthrobacter ilics</i>	1
44	S4-2	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	1
45	16-2-1-2	<i>Enterobacter kobei</i>	1
46	7-4-1	<i>Alcaligenes faecalis</i>	1
47	N5-3-1	<i>Aeromonas veronii</i>	1
48	2B-2-3-1	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	
49	9-2	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	3
50	2B-3-2	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	
51	U1-3	<i>Lysinibacillus xylanilyticus</i>	1
52	1B-5-3	<i>Kosakonia cowanii</i>	1
53	8-3	<i>Enterobacter cloacae</i>	1
54	N5-5	<i>Exiguobacterium sp</i>	1
55	4A-3-1	<i>Citrobacter freundii</i>	1
56	4B-5-2	<i>Acinetobacter courvalinii</i>	1

İzolatların genetik çeşitliliği DNA analizi, 16S rRNA tür düzeyinde ve MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization- Time of Flight Mass Spectrometry) yöntemi ile belirlenmiştir (Tablo 11 ve Tablo 12). Bakteri suşlarından 55 tanesi *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Lysinibacillus*, *Acinetobacter* ve *Enterobacter* türleri olarak tanımlanmıştır. Sanger dizileme ile de genom dizilemesi yapılan türlerden 24 tanesi NCBI'a yüklenmiştir 16S rDNA bölgelerinin sekans analizi sonuçları gen bankasındaki verilerle %98-100 oranında homoloji göstermiştir. Bu sonuçlar, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas sp*, *Bacillus marisflavi*,

Stenotrophomonas rhizophila, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus pumilus* ve *B. subtilis*'in üyesi olarak değerlendirilmiştir. Filogenetik ağaç üç gruba ayrılmıştır; ilk grup ağırlıklı olarak *Bacillus* türlerini bulundururken, diğerlerini *Pseudomonas* ve *Stenotrophomonas* türü bakterileri bulundurmaktadır (Şekil 31). Çalışmada tanımlanan *Bacillus* grubu bakteriler NCBI veri tabanında kayıtlı *Bacillus* suşları ile % 99 üzerinde yüksek benzerlik göstermiştir.

İç Anadolu bölgesinde yer alan Kayseri, iklimi ve coğrafi konumu nedeniyle biyoçeşitlilik ve toprak florası bakımından zengindir. Bu çalışmada baklagil yem bitkisi olan yonca (*Medicago sativa* L.), toprak örneklerinden izole edilen bakterilerin MALDI-TOF yöntemi ve 16S rRNA dizilerine göre tanımlanması ve genom sekansına dayanan moleküler filogenetik haritası ortaya koyulmuştur.

MALDI-TOF yöntemi ile 56 bakteri suş tanımlanmıştır. Baklagil yem bitkilerinin toprak florasından ağırlıklı olarak 33 *Bacillus* grubu bakteri suşu tanımlanırken, 6 suş *Pseudomonas* grubu bakteri suşi, 2 suş *Stenotrophomonas* grubu ve 13 farklı bakteri suşu tespit edilmiştir.

Bu suşların on dört tanesi *B. cereus* olarak tespit edilmiştir. Genom büyüklüğü yaklaşık 5.221.581 bp olup GC oranı % 35,6 dır. Yaklaşık 5.210 gen bölgesi, 14 rRNA bölgesi ve 104 tRNA bölgesi taşımaktadır. Değişik büyüklüklerde 270 kp, 48 kp, 5 kp, 4 kp ve 3 kb büyüklüğünde 5 plasmid taşımaktadır. Rizosfer kısmında yer alan bu bakteri alfalfa ve soya köklerinde *Phytophthora* olarak bilinen fungus hastalığının etkisini azalttığı tespit edilmiştir. Literatüre baktığımızda *cereus* üyeleri arasındaki benzerliklerinden dolayı bu grubun üyeleri tanımlayabilmek için ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. *B. cereus* üyeleri birçok ortamdan izole edilebilmektedir.

Ayrıca bu çalışmada, yerli suşların filogenetik ağacında üç dallanma oluşmuştur. Clade I *Bacillus* türlerinin global referans dizileri ile çalışmada tanımlanan *Bacillus* grubu suşlar ağırlıklı olmak üzere ikide % 100 benzerlik oranı ile *Lysinibacillus xylanilyticus* (EU19) ve *Staphylococcus vitulinus* (EU16) yer almaktadır. Clade I, *B. pumilus*, *B. altitudinis*, *B. marisflavi*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. spp.* (EU20,EUS51, EU8B4, EU9, EU9412, EU34, EU10B-1, EU18, EUU21, EU1,EU31, EU15, EU743, EU14, EU5) içermiştir; bu türlerin genellikle % 98-99 veya daha büyük olarak 16S rRNA gen dizisi benzerliğinin oldukça yüksek bir seviyesini paylaşması nedeniyle tamamen

beklenmedik bir durum değildir. Clade II'de ise %98-99,54 benzerlik oranı ile *Pseudomonas* spp grup üyeleri (*Pseudomonas* spp, *Pseudomonas flavescens*) iki suş (EU26-EU8) ile birlikte kümelenmiştir. Clade III, kendi içinde 3 dallanma göstermiş bunlar; ilk dallanma *Stenotrophomonas maltophilia* ve *Stenotrophomonas rhizophila* (EU5A21, EU2B33) % 99 benzerlik, ikinci dallanma *Acinetobacter courvalinii* (EU:4BS2) ve *Enterobacter cloecae* ve *Enterobacter* spp (EU2B232, EU16221) % 98-99 benzerlik göstermiştir (Şekil 31).

Tez çalışmamızda Sanger Dizileme ile 16s rDNA gen bölgelerine göre Tablo 10 NCBI codes numaraları ile kayıt yapılan bakteri suşlarından 12 tane fosfat çözen *Bacillus* spp, *Pseudomonas* spp, *Lysinibacillus xylanilyticus*, *Bacillus pimus*, *Bacillus cereus*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinetobacter courvalini* ve *Pseudomonas flavescens* türlerini içermektedir

PCR ürünleri % 1 agaroz içeren jel görüntüsü ve bantlar şekil 25 A ve 16S rDNA gen bölgesini içeren DNA fragmentleri şekil 30(B)'de Finch TV yazılımı kullanılarak kromatogramların sıralama sonuçları, kırmızı karelerle gösterilen *Stenotrophomonas* spp / *B. Megaterium* / *B. thurigiensis* suşlarının 16S rRNA genindeki nükleotid değişikliklerini göstermektedir. Yerli *Bacillus* suşlarının ClustalW kullanılarak çoklu dizi hizalamasını göstermektedir (Şekil 30 C).

Dicle Üniversitesi'nde bir tez çalışmasında; *Bacillus* türlerinden 16S rRNA'sının dizi bilgisi elde edilerek, biyoinformatik karakterizasyonu yapılmış ve beklenen büyüklük olan 1.800 bp 16S rRNA genleri olduğu düşünülen genler belirlenmiştir. PCR sonucunun gerçekten 16S rRNA genine ait olup olmadığını belirlemek için dizi analizi yapılmış yapılan sekanslama sonucunda elde edilen genin 16S rRNA geni olduğu belirlenmiştir. Gen bankasında *Bacillus* türlerine 16S rRNA genlerine ait dizi bilgileri karşılaştırılmış ve %100'e yakın benzerlik gösterdiği görülmüştür (Aygün, 2012).

2001 yılında İtalya'daki Eolyan Adaları'nda termofilik *Bacillus* türleri ile ilgili yapılan polifazik taksonomik bir çalışmada termofilik, aerobik, spor-oluşturan 82 bakteri izole edilmiş. Seçilmiş 89 özelliğe sahip termofilik *Geobacillus* ve *Bacillus* referans ırkları ve bu izolatlar üzerinde polifazik taksonomik bir çalışma yapılmış. Grup analizleri ile bu izolatların birçoğu (%83'ü) *Geobacillus thermodenitrificans* ile zayıf bir şekilde ilişkili 7 guruba ayrılmış. Kalan 18 izolat genotipik karakterizasyonu yapılmış. 16S rDNA sekans analizi ve DNA:DNA hibridizasyon çalışmaları sonucu 7 izolat *Geobacillus thermodenitrificans*, iki izolat *G. thermoleovorans* ve bir izolat ise *Bacillus pallidus* olarak tanımlanmış ve 4 izolat *Bacillus*' un yeni türleri olarak, kalan 4 izolat ise *Geobacillus*' un yeni türü *Bacillus vulcani* DSMZ 13174 T olarak belirlenmiş (Maugeri ve ark., 2001).

Çin, Yunnan' da ormanlık bir alandaki topraktan alınan bir izolat ile ilgili yapılan gözlemler ve 16S rDNA sekans verilerine dayanan filogenetik analizler izolatın *Bacillus* cinsine ait olduğunu belirlemiş. Yapılan 16S rDNA analizleri, bakterinin en yakın komşuları *Bacillus vallismortis* ile % 99,79, *B. subtilis* ile % 99,43, *Bacillus atrophaeus* ile % 99,43, *Bacillus amyloliquefaciens* ile % 99,36 ve *B. licheniformis* ile % 98,0 oranında benzerlik gösterdiğini ve *Bacillus* cinsindeki diğer ırklar ile %97' den az benzerlik gösterdiğini ortaya koymuş. Polifazik taksonomik veriler temelinde izolat yeni tür *Bacillus nematodica* B-16T ırkı olarak önerilmiş (Huang ve ark., 2005).

Macaristan' da *Phragmites australis* bitkisinin yoğun olarak bulunduğu iki ayrı sulak alandan alınan örneklerle yapılan bir çalışmada örneklerdeki mikrobiyal aktivite araştırılmış. Yapılan geleneksel morfolojik ve biyokimyasal testler ve 16S rDNA sekans analizi ile 40 *Bacillus* ve akraba ırkı belirlenmiş (Borsodi ve ark., 2006).

Farklı sucul ortamlardan alınan *Bacillus* izolatları ile yapılan bir çalışmada 16S rRNA sekans analizi ile *B. aquaemaris*, *B. badius*, *B. cereus* group, *B. firmus*, *B. halmapalus*, *B. hwajinpoensis*, *B. litoralis*, *B. sporothermodurans* ve *B. vietnamensis* olmak üzere 9 tür teşhis edildi (Ki ve ark., 2009).

Tunus'ta bir güneş tuzlasında yapılan bakteri tarama çalışmasında %5-15'lik tuzlu su ortamında gelişebilen 40 bakteri izole edilmiş. İzolatlar 16S rRNA gen sekanslama işlemiyle filogenetik olarak karakterize edilmiş. Çalışma ile iki grup ortaya konulmuş 36 ırk *Gamma-Proteobacteria* (%90), 4 ırk ise *Firmicutes* (%10) gurubuna ait olarak tanımlanmış. Daha önce tanımlanmış türler ile karşılaştırıldığında, 16S rRNA gen

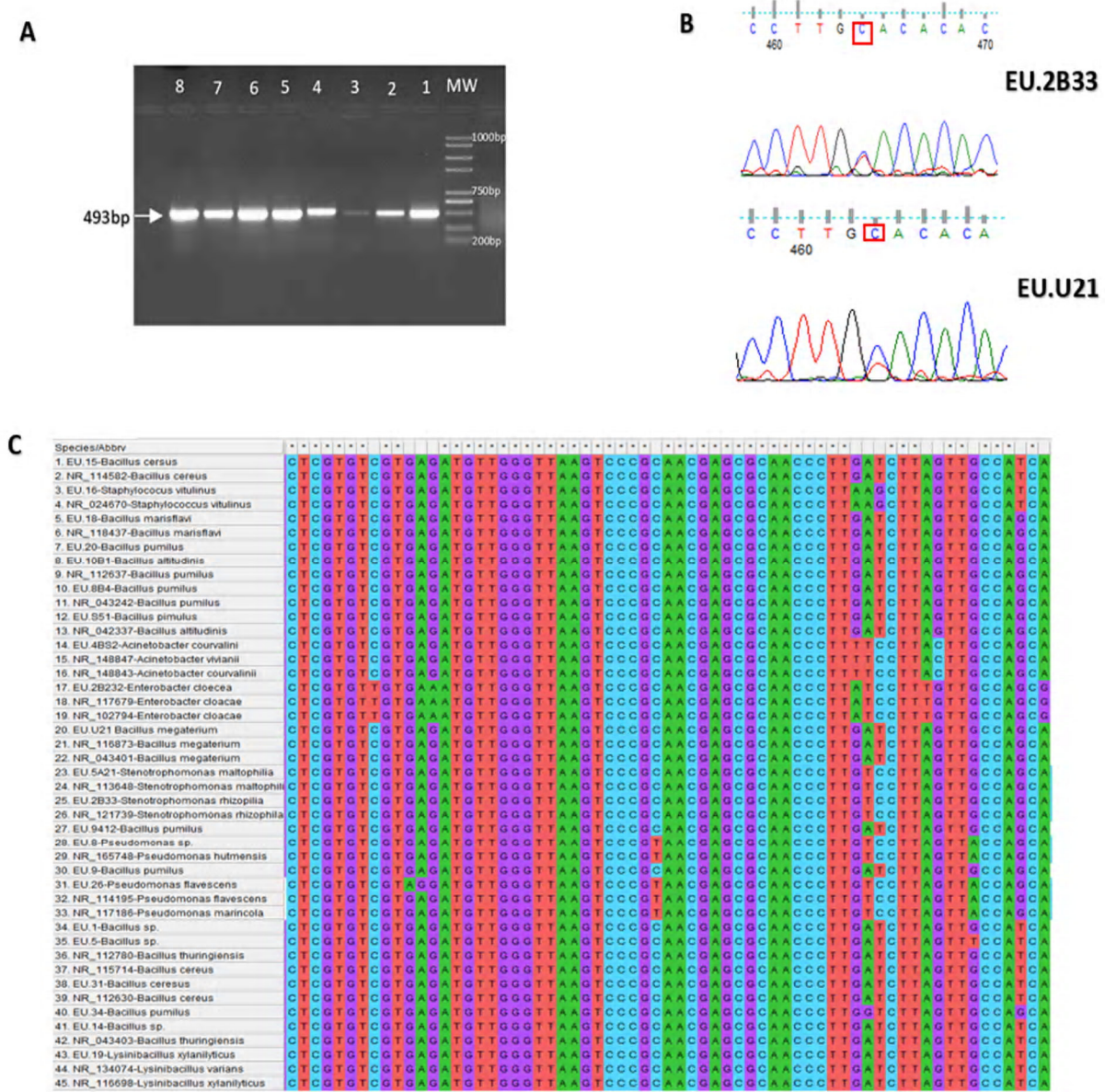
sekans benzerliği % 97' den az olan ve 183ZD08, 191ZA02 ve 191ZA09 olarak adlandırılan üç yeni tür bulunmuş (Baati ve ark., 2009).

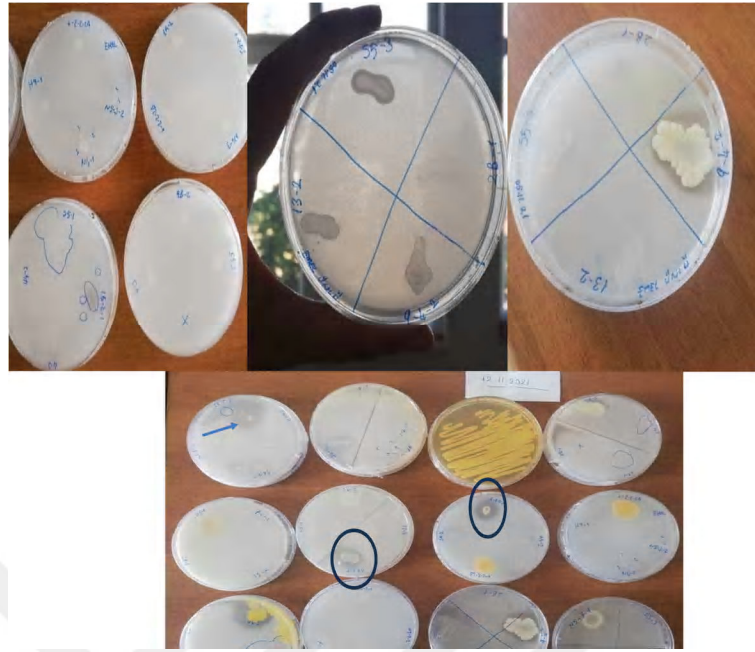
Yeni bitki koruyucuları ile ilgili Hindistan' da yapılan bir araştırmada topraktan izole edilen bir bakterinin, 16S rDNA analizi ile *B subtilis* türüne ait olduğu belirlenmiş (Holzinger ve ark., 2011).

Çin, Kenya ve Tanzania' daki üç ayrı hipersalin ve alkalın gölden *Bacillus* benzeri yedi ayrı bakteri izole edilmiş. Bu bakterilerin karşılařtırılmalđ 16S rRNA gen sekans analizi izolatların *Bacillus* cinsine ait olduğunu göstermiş. Yedi izolat %97,7-99,9 oranında 16S rRNA gen sekans benzerliği göstermiş. En yakın ilişkili oldukları tür, %92,6-93,8 16S rRNA sekans benzerliği ile *Bacillus agaradhaerens* DSM 8721T olmuş Bu yedi izolat arasındaki DNA:DNA hibridizasyon değeri %85-100 olarak ortaya konmuş (Márquez ve ark., 2011).

Tablo 12. NCBI kod numaraları ile kayıt yapılan bakteri suşları ve aktif gen bölgeleri

Kod	NCBI kod	Fosfat çözme	ACC deaminase	Sidereför üretimi	PhFitaz	IAA Üretimi	N ₂ Fiksasyonu
E-1	OL674231 EU1	-	-	+	+	+	+
E-5	OL674232 EU5	-	-	+	+	+	-
E-8	OL673805 EU8	+	-	-	+	+	-
E-9	OL673806 EU9	-	-	+	+	+	+
E-14	OL674235 EU14	+		+	+	+	-
E-15	OL673792 EU15	+	+	-	-	+	-
E-16	OL673793 EU16	-	+	-	-	-	-
E-18	OL673794 EU18	-	+	+	+	+	+
E-19	OL674236 EU19	+	+	-	+	+	+
E-20	OL673795 EU20	+	+	-	+	+	+
E-31	OL674233 EU31	+	+	-	-	+	-
E-34	OL674234 EU34	-	-	-	+	+	+
E-5A-2-1	OL673802 EU5A21	+	+	+	+	+	-
E-7-4-3	OL674237 EU743	+	-	-	-	+	+
E-8B-4	OL673797 EU8B4	+	-	-	-	+	-
E-U2-1	OL673801 EUU21	-	-	-	-	+	+
E-10B-1	OL673796 EU10B1	-	-	-	+	+	-
E-S5-1	OL673798 EUS51	-	+	+	+	+	+
E-9-4-1-2	OL673804 EU9412	+	+	+	+	+	+
E-16-2-2-1	OL674238 EU16221	-	+	-	+	-	+
E-2B-2-3-2	OL673800 EU2B232	-	-	-	+	+	-
E-4B-5-2	OL673799 EU4BS2	+	+	-	-	+	+
E-2B-3-3	OL673803 EU2B33	-	+	-	+	-	+
E-26U4-3	OL675202 EU26	+	+	+	+	-	+





Şekil 32. Azotsuz ortamda bakteri gelişimi. Siyah daire ve mavi ok pozitif sonuç, Şeffaf zon oluşumu.

81 adet bakteri suşu azotsuz ortamda gelişme göstermiştir pozitif sonuç gösteren suşlar katı besi yerinde şeffaf zon görüntüsü almış, zayıf gelişenler ise besi yerinde gelişim sağlamış fakat tam şeffaf zon görüntüyü sağlayamamıştır. Özellikle Şekil 32 / Tablo 13’de verilen suşlar ön plana çıkmıştır.

Tablo 13. Azotsuz ortamda gelişen bakteri suşları

Azot bağlama özelliği olan bakteri suşları						
1B-2-2	2B-2-2	1-2-1	6-2-1-2	8-3	U1-1-2	N5-7-2
8A-2	8B-1	4-3	2B-2-2	6-2	3A-2-2	N5-7-1
15-2	9B-1	2A-1	16-2-2-1	6-3	N4-3	S3-3
2B-5	9B-2	3B-4-1	2B-3-1	6-2-2-3	N4-1	S1-2
16-2-3-3	10B-2	2B-1	4A-3-1	1A-3	H9-1	N4-2
6-2-1-2	1-2	4B-4-1	2B-3-3	3B-2	6-2-2-2A	S5-1
U3-2-2	9-4-2	5-1	1B-2-1	U4-1-1	N5-3-2	S5-3
7-4-1	1-1	U4-3	9-2	U4-1-2	9-4-1-2	13-1
1B-5-3	12-2	4B-5-2	2B-4-1	10B-1	13-2	S2-3
2B-2-3-1	U1-3	7-5	3B-4-2	3B-8-3	S5-3	N5-1
H10-1	8B-4	N5-3-1	3B-4-3	S4-1	S4-2	13-3
5A-2-1	5A-2-2	H1	U2-1			

Shen ve ark., (2016), Çin’de yürüttükleri çalışmada mor topraklardan izole ettikleri 17 bakteride, öncelikle *invitro* şartlarda azot fikse etme, fosfor ve potasyum çözme yeteneklerini araştırmışlardır. 16 s rRNA sekans sonuçlarına göre tanımlanan suşlarda, mikro kjeldahl metodu kullanılarak 91,5+2,69 ppm düzeyinde azot fiksasyonu ile en yüksek azot fikse etme yeteneğine sahip suşun *Bacillus amyloliquefaciens* olduğunu tespit etmişlerdir.

Kızılkaya (2008), çeşitli alanlardaki topraklardan izole ettiği *Azotobacter* türlerinin azot fiksasyon kapasitelerini, azotsuz Ashby besi ortamına inkübasyonun ardından kjeldahl yöntemi ile ölçmüş ve 3,5-29,35 ppm arasında değiştiğini (ortalama 10,24 ppm) saptamıştır.

Gosal ve ark., (2011), sekiz farklı azotsuz besiyeri kullanarak buğday rizosferinden izole ettikleri 72 bakteri izolatının 28’inde asetilen redüktaz yöntemi kullanarak, 22,3-72 nmol C₂H₄/h arasında değişen miktarlarda nitrojenaz aktivitesi tespit etmiştir. Bu izolatların nifH gen taramaları spesifik primerler kullanılarak gerçekleştirilmiş, ancak sadece 7 tanesinde nifH geni tespit edilmiştir. 16S rDNA sekans sonuçlarına göre bu izolatların; *Azotobacter* sp., *Stenotrophomonas maltophilia*, *Azospirillum* sp., *Stenotrophomonas* sp., *Rhizobium larrymoorei*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Xanthomonas oryzae* ve *Pseudomonas aeruginosa* oldukları belirtilmiştir.

Li ve ark., (2017), şeker kamışı rizosferinden izole ettikleri farklı türlere dahil 100 izolattan seçtikleri *Pseudomonas* cinsine dahil 30 örnek ile yürüttükleri çalışmada; polR ve polF primerlerini kullanarak nifH geni için yaptıkları taramada, 10 izolatta nifH genini saptamışlardır.

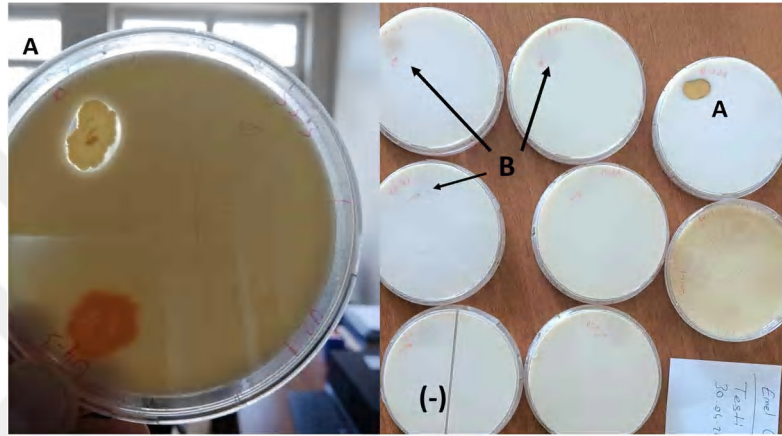
Ankara Üniversitesinde yürütülen doktora tez çalışmasında KH4/1, A6/3, A6/1, A2/3, B5/2, G4/2, Ç5/3, G4/5, G4/4, H6/2, H4/3, H7/1, H8/1, BP2/3, suşlarının azotsuz besi ortamında üremelerine rağmen, mikro kjeldahl yöntemine göre azot fikse etmedikleri tespit edilmiştir (Özdoğan, 2020).

3.5. Potasyumu Çözen Bakteri Suşları

Bakteri suşlarının potasyum çözebilme özelliği Aleksandrow katı besi ortamında kolonilerini gelişiminin etrafında oluşan şeffaf zonun varlığıyla belirlenmiştir. Suşlardan U2-1, 9-4-2, 2B-3-2, 2B-1, 13-2, 2B-3-1, S3-3, 6-2-2-3, U4-3 ve 1-1 besi

ortamında gelişen kolonilerinin etrafında şeffaf zon oluştuğu gözlenmiş, sonuç pozitif olarak değerlendirilmiştir.

Suşlardan 16-2-2-1, 3B-4-1, 2B-2-2, S5-3, 6-2-1-2 ve 5A-2-1'nin besi ortamında gelişen kolonilerinin etrafında oluşan zonun çapının 1-2 mm arasında değiştiği gözlenmiş, sonuç zayıf pozitif olarak kaydedilmiştir. Diğer 193 suşun potasyum çözme özelliğinin negatif olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33).



Şekil 33. K çözme analizi sonucu pozitif sonuç gösteren bakteriler A) Pozitif sonuç, B) Zayıf pozitif sonuç, (-) Negatif sonuç.

Suşlardan 3 *Pseudomonas*, 11 *Bacillus* sp, 1 *Stenotrophomonas* sp. olmak üzere 15 bakteri türünün pozitif sonuç verdiği tespit edilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Potasyumu çözen bakteri suşları

Suşlar	Tür	Suşlar	Tür
U2-1	<i>Bacillus megaterium</i>	9-4-2	<i>Pseudomonas putida</i>
2B-3-1		6-2-2-3	<i>Bacillus pumilus</i>
2B-2-2	<i>Bacillus thuringiensis</i>	U4-3	<i>Pseudomonas flavescens</i>
S3-3		1-1	<i>Bacillus cereus</i>
2B-1		3B-4-1	<i>Bacillus cereus</i>
16-2-2-1		S5-3	<i>Bacillus cereus</i>
6-2-1-2	<i>Pseudomonas graminis</i>	13-2	*
2B-3-2	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	5A-2-1	<i>Stenotrophomonas</i> sp

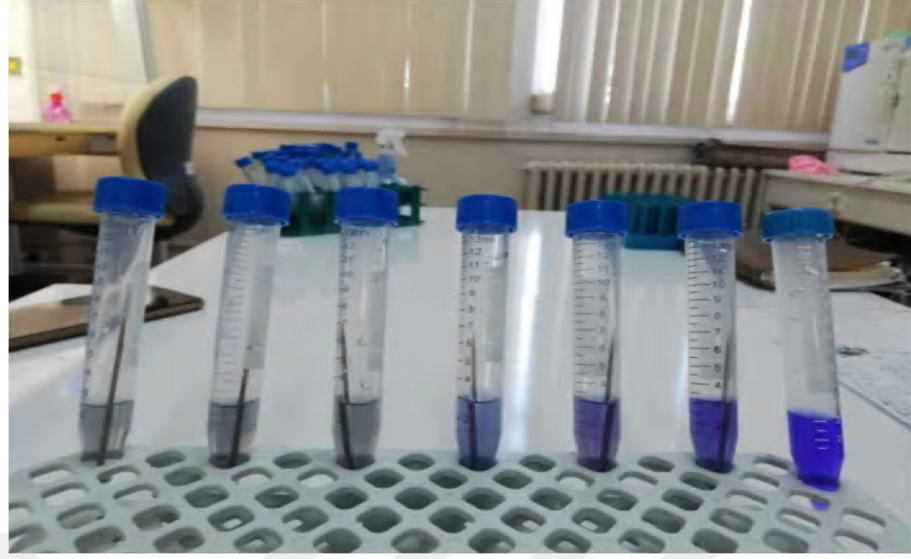
*Tür tanımlaması yapılmadı

Mikroorganizmaların kalitatif olarak potasyum çözme özelliklerinin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmalarda Aleksandrov besi ortamının başarıyla kullanılabileceği ifade edilmektedir (Meena ve ark, 2015; Parmar ve ark, 2016; Sen ve ark, 2016; Fatharani ve Rahayu, 2018).

Araştırmacılar tarafından *Bacillus edaphicus*, *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus circulans*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Paenibacillus glucanolyticus*, *Enterobacter hormaechei* *Azotobacter chroococcum*, türlerinin ve *Rhizobium*, *Burkholderia* *Pseudomonas*'lerinde, bulunan bakterilerin potasyumu çözmede etkili mikroorganizmalar olduğu bildirilmiştir (Rajawat ve ark., 2012; Basak ve Biswas, 2012; Singh ve ark., 2010; Parmar ve Sindhu, 2013). Bu çalışmada da elde edilen türlerin potasyum çözme özelliklerine dair sonuçların diğer araştırmalarının bulguları ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

3.6. Fosforu Çözen Bakteri Suşları

NA besi ortamında 26 °C'de 48 saat gelişen bakteri kültürleri NBRIP-BPB sıvı besi ortamında inokulasyon sonrasında meydana gelen renk değişimine göre belirlenmiştir (Nautiyal, 1999). İnkübasyon sonrasında kontrol olarak kullanılan tüpteki sıvı besiyerinin rengine (ispirto rengi) herhangi bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Suşlardan 72 tanesinin inokule edildikleri besiyerinin rengini değiştirdikleri, su gibi berrak bir görüntü oluşturdıkları tespit edilmiş, sonuç kuvvetli pozitif olarak belirlenmiştir. 208 suşun kontrolle kıyaslandığında sıvı besiyerinin rengini değiştirdiği, rengin açık maviye döndüğü gözlenmiş, sonuç pozitif olarak kaydedilmiştir. Suşlardan 35 tanesinin besiyerinde renk değişimine neden olduğu ancak renk açılmasının çok belirgin olmadığı görülmüş, sonuç zayıf pozitif olarak değerlendirilmiştir. 101 suşun ise inokule edildikleri sıvı besiyerinin rengine herhangi bir değişime neden olmadığı görülmüş ve sonuç negatif olarak belirlenmiştir (Tablo 15), (Şekil 34 / Şekil 35).



Şekil 34. NBRIP-BPB sıvı besi ortamında fosfor çözme sonuçları. Açık renk: çözen; Koyu renk: çözemeyen.



Şekil 35. Mikro plaka okuyucuda sayı değerlerin alınması.

Tablo15. Mikro plaka okuyucuda sayı değerleri

Suş kodu	Okuma değeri	Suş kodu	Okuma değeri	Suş kodu	Okuma değeri	Suş kodu	Okuma değeri	Suş kodu	Okuma değeri
3B-2-1	1,075	9-2	0,767	6-2-1-2	0,503	3A-2	0,951	1B-2-1	0,769
S1-2	1,212	S3-2	0,975	U2-3-1	1,074	9-4-1	0,614	6-2-2-2B	0,67
H1	0,998	N5-4	0,251	5A-3-1	1,162	S4-3	0,874	1B-5-3	0,715
9B-2	0,674	6-2-2-3	0,625	U1-3	0,811	N5-5	0,743	16-2-1-1	0,448
1-1	0,641	3A-2-1	1,249	H3-1	1,061	8B-3	1,026	16-2-2-1	0,571
3B-4-1	1,019	N4-6	0,585	6-2-2-2A	0,616	S2-3	1,001	4-3	1,128
9-4-1-2	0,711	8B-4	0,686	2B-2-3-1	1,061	7-4-3	1,0581	U3-3	0,898
U4-3	0,961	N4-1	0,912	3B-1	1,122	7-3	1,014	2B-3-1	1,127
13-3	0,991	3B-2	0,534	7-5	0,967	N5-1	1,047	N5-3-2	1,104
S3-3	0,852	S5-3	0,47	N5-3	0,864	H10-1	1,061	2B-3	0,587
13-2	0,978	12-1	1,391	6-2-2-2	1,068	6-2	1,225	1-2	1,234
3B-4-3	1,001	U4-1-1	0,672	2B-2-2	0,988	7-4-2	1,101	7-4	0,788
4A-3-1	0,458	1B-2-1	1,074	10B-2	0,946	5A-2-2	1,163	1B-2-2	0,936
7-4	1,108	S4-2	0,462	10B-1	0,838	H9-1	0,662	S5-1	0,669
13-1	0,04	9-4-2	0,042	Kontrol ort.	2,376				

Bazı bakteri suşları işe Tablo 15’ de 275 µl dH₂O +25µl besi ortamı olan 0,25-0,45 aralıkta kalmış ve pozitif sonucu doğrulamıştır. 15’lik falcon tüplerdeki 3 µl besi ortamından kontrol olarak 2,40-2,50 arasında okunan değer 72 bakteri suşunda % 87,5 oranında besi ortamı tüketmiştir. Özellikle 9-4-2, 13-1, N5-4, S5-3, 16-2-1-1, S4-2 bakteri suşları ön plana çıkmıştır. Genel olarak kullanılan suşlardan çoğunluğu PCR gen bölgesi taraması sonuçlarını doğrulamış kontrol ortamından çok düşük değerler vermiş ortalama 0,67 ile %78 oranında fosfor çözünürlüğüne sahiptir.

Yapılan farklı çalışmalarda bizim çalışmamızla paralel sonuçlar alınmış; *Agrobacterium*, *Azotobacter*, *Serratia*, *Alcaligenes*, *Erwinia*, , *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Bradyrhizobium* ve *Salmonella*, *Rhizobium*, *Chromobacterium*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus*, *Escherichia*, *Kocuria* ve *Streptomyces* cinslerine ait türlerin fosfatı çözen önemli bakteri türleri olduğunu ve bitkilerin fosfor kullanımını yükselttiklerini tespit etmişlerdir (Rodriguez ve Fraga, 1999; Whitelaw, 2000; Igual ve ark., 2001; Zhao ve Lin, 2001).

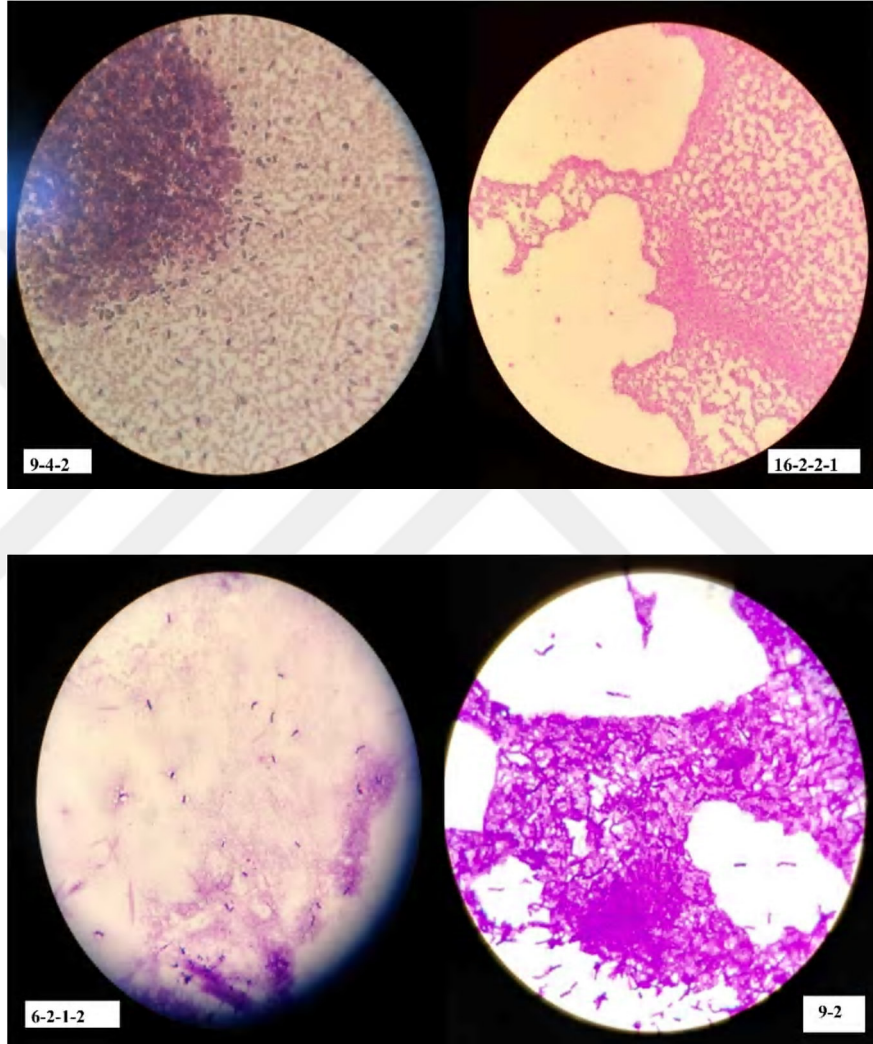
Nautiyal (1999), yaptığı bir çalışmada petri denemelerinde katı NBRIP besiyeri PVK (Pikovskaya Agar) besiyeri ile kıyasladığında katı NBRIP besiyeri daha verimli olduğu gözlemlenirken sıvı NBRIP besi yerinin PVK'ya kıyasla 3 kat daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Fosfatı çözdükleri halde, asit üretmeyen mikroorganizmaların, bazı besiyerlerinde yanlış sonuç alınabileceği, bu sebeple, duyarlılığı daha yüksek olan NBRIB-BPB besiyerinde fosfat çözünürlüğünün belirlenmesinin daha uygun olacağı sonucuna varmışlardır (Nautiyal ve ark, 2000).

Puente ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, fosfor çözünürlüğü bakımından örneklerin test sonuçlarına bakıldığında EP1 hariç 19 *Kocuria* türünün, SK12 ve EP2 hariç 16 *Arthrobacter* türünün ve SK8 hariç 35 *Pseudomonas* türünün fosfor çözme özelliğinin bulunduğu tespit edilmiştir. YÖ12 ve YÖ24 örnekleri dışında 63 *Bacillus* türünün fosforu çözebildiği bildirilmiştir. Çoğunlukla örneklerin test sonucuna bakıldığında ise toplam 235 örneğin fosfor çözme etkinliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bakteriler tarafından salgılanan organik asitler fosfat çözünürlüğünde önemli yer almakta olduğu bildirilmiştir.

Asit üretimi rizosfer bölgesinin asitleşmesine böylelikle fosforun serbest forma geçerek uygun hale dönüşmesine sebep olmaktadır. Lopez ve ark. (2011), yaptığı çalışmada da fosfat çözdüğü belirlenen izolatların belirtilen asitlerden (biliyor isek asit isimlerini yazalım) bir ya da daha fazlasını üreterek besiyerinin renginin değişmesine neden olduğunu, ortamda bulunan kalsiyumdan fosforun salınmasını sağladığı rapor edilmiştir.

3.7. Saflaştırılan Bakteri Suşlarının Gram Boyaması Sonuçları;

Saflaştırılan izolatların Gram boyama ile pozitif (mor renkli) ve negatiflik (pembe renkli) durumu belirlendi Işık mikroskopunda 100X'de görüntülendi ve fotoğraflandı Boyama işlemi Sigma microscopy gram color boya seti kullanılarak yapıldı (Şekil 36).



Şekil 36. Saflaştırılan izolatların Gram boyama sonuçları. Pozitif (mor renkli) ve negatiflik (pembe renkli) durumu.

Yapılan Gram boyama işlemi sonrası PCR analizi sonucu çok gen içeren ve Bruker Daltonik MALDI Biotyper ile tanımlanan bakteri suşları seçilerek 100X'de görüntülenmiştir 54 bakteri suşundan 36 gram pozitif ve 18 gram negatif sonuç vermiştir (Tablo 16 / Şekil 36).

Tablo 16.Tanımlanan bakteri suşlarının gram pozitif / negatif olma durumları ve etki mekanizmaları

Numara	Bakteri suş	Gram (+)	Gram (-)	Etki mekanizmaları
16-2-2-1	<i>Bacillus thuringiensis</i>	*		**Kristal protein üretir
2B-3-1	<i>Bacillus thuringiensis</i>	*		**Cry proteinleri
2B-2-2	<i>Bacillus thuringiensis</i>	*		**Böcek patojeni
S3-3	<i>Bacillus thuringiensis</i>	*		Böcek öldürücü olarak kullanılır
2B-1	<i>Bacillus thuringiensis</i>	*		**Biyopestisit olarak kullanılır Çubuk , aerobik,Bilinen en büyük bakterilerdendir Bitkilerin fosfor alımında (Panoramix-Koppert)
7-4-3	<i>Bacillus megaterium</i>	*		
U2-1	<i>Bacillus megaterium</i>	*		**Çubuk ,Spor oluşturur, YS,PH, ve yüksek tuza dayanıklı (Junghoon yoon mikrobiyoloji dergisi 2003)Microbe Wiki
1B-2-1	<i>Bacillus marisflavi</i> <i>Bacillus piulus</i>	*		
9-4-1-2		*		
4-3	<i>Bacillus pimulus</i>	*		aerobik,spor*Çevresel streslere karşı dirençli
6-2-2-3	<i>Bacillus pimulus</i>	*		
H1	<i>Bacillus pimulus</i>	*		
1A-2	<i>Bacillus pimulus</i>	*		
8B-4	<i>Bacillus pimulus</i>	*		
S5-1	<i>Bacillus pimulus</i>	*		
10B-1	<i>Bacillus altitudinis</i>	*		Çubuk, aerobik, endospor oluşturur
1B-2-2	<i>Bacillus altitudinis</i> <i>Bacillus cereus</i>	*		Yoncadaki <i>Rhizobium leguminosarum</i> ile birlikte,
H9-1		*		belirli bitkilerde fosfor, azot ve potasyum alımını artırmanın yanı sıra biyoakümülyasyon ve biyotransformasyon yoluyla ağır metal konsantrasyonlarını azaltarak ağır metalli topraklarındaki bitki büyümesini düzenler
S5-3	<i>Bacillus cereus</i>	*		En yaygın ekosistemi topraktır
10B-2	<i>Bacillus cereus</i>	*		Kamçı hareketliliği sergiler
14-2	<i>Bacillus cereus</i>	*		Çubuk, spor oluşturur,
12-2	<i>Bacillus cereus</i>	*		Bacillus cinsinin diğer üyeleri gibi koruyucu endosporlar üretebilir
3B-4-3	<i>Bacillus cereus</i>	*		Aerob veya fakültatif anaerob olabilir
3A-3-1	<i>Bacillus cereus</i>	*		
3B-4-1	<i>Bacillus cereus</i>	*		
7-5	<i>Bacillus cereus</i>	*		
1-2	<i>Bacillus cereus</i>	*		
6-2	<i>Bacillus cereus</i>	*		
2A-1	<i>Bacillus cereus</i>	*		
N5-1	<i>Bacillus cereus</i>	*		
9B-2	<i>Bacillus cereus</i>	*		
H10-1	<i>Bacillus spp.</i>	*		
6-2-1-2	<i>Pseudomonas graminis</i>		*	
6-2-2-2A	<i>Pseudomonas graminis</i>		*	çubuk, katalaz+, sporsuz,

6-2-2-2B	<i>Pseudomonas graminis</i>	*		**Fusarium ve Phthium etkili Baston
9-4-2	<i>pseudomonas putida</i>	*		yapı
U4-3	<i>Pseudomonas flavescens</i>	*		*Bitki koruma ürünü ruhsatlı, Fide çökerten, kök boğazı çürüklüğü Kurşuni küf
3B-4-2	<i>Staphylococcus vitulinus</i>	*		
9B-3	<i>Staphylococcus vitulinus</i>	*		Kok bakteri
	<i>Stenotrophomonas</i>			**Alavi,P,Starcher,M,2017
2B-3-3	<i>rhizophila</i>	*		Özbekistanda dolma biberde yüksek tuz oranında %180 büyüme sağladı
5A-2-1	<i>Stenotrophomonas sp</i>	*		
S3-2	<i>Paenarthrobacter ilics</i>	*		
S4-2	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	*		kokobasil,aerobik, katalaz+,oksidaz negatif
16-2-1-2	<i>Enterobacter kobei</i>	*		spor oluşturmaz, çubuk,fakültatif anaerobik
7-4-1	<i>Alcaligenes faecalis</i>	*		çubuk, sporsuz, kapsülsüz, aerop, katalaz+*Mikrobiyoloji org
N5-3-1	<i>Aeromonas veronii</i>	*		Rehfuss,Marc Kentsel, James 2005 çubuk
2B-2-3-1	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	*		
9-2	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	*		aerobik, çubuk
2B-3-2	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	*		
U1-3	<i>Lysinibacillus xylanilyticus</i>	*		*Aerobik, endospor oluşturur,çubuk yapılı, PH 6(5-9), Solventi tolere eder (2010 chang sao lee NIH national Library of medican
1B-5-3	<i>Kosakonia cowanii</i>	*		*çubuk yapılı, anaerobik, katalaz+
8-3	<i>Enterobacter cloacae</i>	*		anaerobik, spor oluşturmayan,çubuk Basil, Görelland buzulları ve yellowstone'deki kaplıcalarda değişken sıcaklıklarda bulunmuş*vishnivetskaya, Tatyana A;Kathariou ,sofya;2009,yüksek tuz, geniş pH, ağır metal ve radyasyona tölerant*ordoneza OF, Lanzarottid E,2013
N5-5	<i>Exguabacterium sp</i>	*		
4A-3-1	<i>Citrobacter freudii</i>	*		
4B-5-2	<i>Acinetobacter courvalinii</i>	*		*coc bakteri, katalaz +

3.8. Seçilen Suşların Bitkisel Gelişime Etkileri

PCR testlerine göre bitki büyümesini teşvik edici özelliklerinin çoğunu bulunduran (2 ve daha fazla geni bir arada bulunduran) bakteri suşu saksı denemesi için seçildi. 9 bakteri suşu kullanılmıştır (Tablo 4).

3.8.1. Domates

Tez çalışması kapsamında saksı denemesinde domates bitki türü, steril ve steril olmayan iki farklı toprakta PGPR bakterilerinin tohumu ve fideye uygulama olarak iki farklı bulaştırma (uygulama) yöntemi çalışılmıştır. Bitki boyu, gövde çapı, yaprak alanı, yaprak sayısı, gövde yaş-kuru ağırlığı, kök yaş-kuru ağırlığı, çiçeklenme gün sayısı, toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi ve ortalama kök çapı belirlenmiştir.

3.8.1.1. Domateste Bitki Boyu

Domateste uygulamaların bitki boyuna etkisi Tablo 17’de verilmiştir. Bakteri uygulamaları (B) bütün koşullarda önemli bulunmuştur. Domates bitkisinde steril toprak şartlarında tohum uygulamasında kontrol uygulamasına kıyasla 3, 6, 7 ve 8 nolu suşların bitki boyunu (gövde uzunluğu) önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 17). Bu suşlar *Bacillus* spp ve *Pseudomonas* spp türleri olarak tez kapsamında tanımlanmıştır ve % 27’lik bir artışla bitki boyunda en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Yedi numaralı suş oluşturulan ilk altı bakterinin karışım formülasyonudur ($p<0,05$). Ayrıca iki, üç ve dört numaralı suşlarda formülasyona yakın değerler göstermiştir. Bu da formülasyon 1 ve 5 numaralı bakterilerin daha etkisiz kaldığını ama kontrole göre yüksek değer verdiğini istatistiki olarak da açıklamıştır ($p>0,05$).

Bu çalışmada 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek bitki boyu 3, 6, 7 ve 8 uygulamaları sonrasında sırasıyla 73,66, 75,66 ve 78,66 cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 60,33 cm olarak ölçülmüştür Aynı zamanda her iki suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Domates bitkisinde steril olmayan toprak şartlarında tohum bulaştırma uygulaması Tablo 17 / Şekil 38 incelendiğinde ise kontrol uygulamasına kıyasla 3, 8, 4 ve 7 nolu suşların bitki boyunu önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 14). Bu suşlar *Bacillus*

sppOL674234 EU34, *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *P. flavescens* türleri ile oluşturulan *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp formülasyonu olmuştur. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek bitki boyu uygulamaları 3, 8, 4 ve 7 sonrasında sırasıyla 81,66 81,33 80,33 79,66cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 55,33cm olarak ölçülmüştür Steril olmayan toprak şartları % 47'lik bir artışla steril toprak şartlarında gövde uzunluğunda en iyi etkiyi göstermiştir.

Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulaması $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Steril X steril olmayan toprak şartlarında fide uygulaması ise $p < 0,05$ önemli bulunmuştur (Tablo 17 / Şekil 37). Domates bitkisinde steril toprak şartlarında fide uygulaması incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 6, 3, 8 ve 9 nolu suşların bitki boyunu (gövde uzunluğu) önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *Bacillus* spp OL674234 EU34 ile, *S. rhizophlia* X *P. graminis* (Tablo 10) ve % 70'lik bir artışla bitki boyuna en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek bitki boyu uygulamaları 6, 3, 8, 9 ve 7 sonrasında sırasıyla nolu 70,00, 67,00, 69,67, 67,00, 65,67cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 49,33cm olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda 4 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Domates bitkisinde steril olmayan toprak şartlarında fide bulaştırma uygulaması Tablo 16 / Şekil 40 incelendiğinde ise kontrol uygulamasına kıyasla 9, 6, 2 ve 3 nolu suşların bitki boyunu önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Bu suşlar sırası ile *S. rhizophlia* X *P. graminis*, *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp OL674232 EU5 ve *B. thuringiensis* OL674235 EU14 olarak tez kapsamında tanımlanmıştır (Tablo 10). Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek bitki boyu uygulamaları 9, 6, 2, 3 ve 4 sonrasında sırasıyla 85, 83, 81,33, 75,67, 75,67 cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 63,00 cm olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda 4 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Fide bulaştırma Steril olmayan toprak şartlarında % 36'lik bir artışla steril toprak şartlarında gövde uzunluğunda en iyi etkiyi göstermiştir. Toprak uygulamaları tohum bulaştırmada istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Bakteri suşları arasında bitki boyu değerlendirilmesinde ise interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,001$).

Domates bitkisinde yapılan istatistik analizine göre Fide x Tohum (U) interaksiyonunda ise $p < 0,05$ olarak bulunmuş, fide bulaştırması steril olmayan toprakta daha iyi sonuç göstermiştir. Tohum bulaştırma ise her iki toprak uygulamasında da önemli sonuçlar göstermiştir. Bitki boyu PGPR uygulaması (U), $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Steril X steril olmayan toprak şartlarında (T) ise $p < 0,05$ önemli bulunmuştur. Uygulamalar ve toprak (U x T) arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Bakteri uygulaması tohum bulaştırmada (B x U) $p < 0,001$ seviyesinde önemli bulunmuştur. B x T x U interaksiyonu önemli bulunmamıştır.

Tablo 17. Domateste bakteri uygulamalarının bitki boyuna etkisi

Bakteri	Steril Toprak		Steril Olmayan Toprak	
	Tohum (cm)	Fide (cm)	Tohum (cm)	Fide (cm)
1	70,33bc	62,10b	68,33c	65,00d
2	72,66b	63,67ab	74,66abc	75,67bc
3	73,66ab	67,00ab	81,66a	75,67bc
4	72,66b	63,33ab	80,33a	75,00bc
5	65,33dc	68,67ab	77,33ab	62,67d
6	73,66ab	70,00a	69,00bc	81,33ab
7	78,66a	65,67ab	79,66a	72,00c
8	75,00ab	69,67ab	81,33a	72,66c
9	73,66ab	67,00ab	77,33ab	85,83a
K	60,33d	49,33c	55,33d	63,00d
CV	6,17	6,18	5,09	5,09
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama(U)	*	öd	*	*
Toprak (T)	öd	*	öd	*
B x T	**	*	**	*
U x T	*	*	*	*
Bx Tx U	öd	öd	öd	öd

*: $p < 0,05$ **: $P < 0,001$ öd: $p > 0,05$ (önemli değil)



Şekil 37. Steril toprakta fide uygulamasında bitki boyu.



Şekil 38. Steril olmayan toprakta tohum uygulamasında bitki boyu.

Yapılan bütün PGPR uygulamalarının kontrol grubundaki bitkilere kıyasla olumlu yönde belirgin farklılıklar oluşturduğu görülmüştür. Ortíz-Castro ve ark (2008), *B. megaterium* olarak tanıladıkları bir suşun *A. thaliana* ve *P. vulgaris* fidelerinin büyümesini desteklediğini bildirmişlerdir. Abdel-Monaim ve ark. (2012), tarafından yapılan çalışmada domates bitkisine *B. cereus* (BCM8), *B. megaterium* (BMM5) uygulamaları sonucu kontrol bitkilere kıyasla bitki boyunda artış olduğunu bildirmişlerdir. Almaghrabi ve ark. (2013), tarafından yapılan çalışmada *P. putida*, *P. fluoresces*, *Serratia marcescens*, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* ve *B. cereus* olmak üzere 6 PGPR suşun domates gelişimine etkisi araştırılmıştır. Bitki boyu *S. marcescens* inokulasyonu sonrası 52,66 cm, *P. fluorescens* uygulaması sonrasında 50,66 cm olarak belirlenmiştir *P. putida* ve *P. amyloliquefaciens* uygulamaları sonucunda ise bitki boyu 48 cm olarak tespit edilmiştir.

Maina ve ark. (2013), tarafından yapılan çalışmada *B. subtilis*, *P. fluorescens*, *B. megaterium* ve *Azotobacter chroococcum* suşlarının kombinasyonlarının kontrole göre bitki boyunu, yaprak-dal-meyve sayısını arttırdığı belirlenmiştir. Kumar ve ark 2014 tarafından yapılan çalışmada tek başına *B. megaterium* uygulamasının kontrol bitkilere kıyasla buğday bitki boyunu % 123 oranında artırmıştır. Gholami ve ark 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada PGPR suşlarının mısır bitki boyunu arttırdığını bildirmişlerdir. Srivastava ve ark. (2011), kimyasal gübreler ve fosfor çözücü bakterilerin farklı kombinasyonlarda uygulandığı domates bitkisinde en yüksek verimin fosfor çözücü bakteriler ile birlikte uygulanan yüksek fosfor içerikli gübre kombinasyonlarında tespit edildiğini belirtmişlerdir. İnorganik veya organik fosforu alınabilir hale getiren bakterilerin toprağa veya bitki tohumlarına inokulasyonu ile bitki büyümesini teşvik ettiğini gösterir birçok çalışma yapılmıştır (Gaur ve Ostwal, 1972; Subba Rao, 1982; Kloepper ve ark., 1988 ve Kucey ve ark., 1989).

Lucas Garcia ve ark. (2004), tarafından yapılan çalışmada biber (Roxy ve Antonio çeşitleri) ve domates bitkisinde (Daniela ve Brillante çeşitleri) *B. licheniformis* (B2, CECT5106 suşu) inokulasyonunun fidelik ve sera üretim koşullarında etkisinin araştırıldığı çalışmada fidelikte bakterinin her iki bitki türünde de bitki boyunu ve yaprak alanı önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir.

Waliave ark. (2014), tarafından yapılan çalışmada çeşitli *Bacillus* türlerinin (*B. amyloliquefaciens*, *B. vallismortis*, *B. subtilis*) domates fidesi üzerinde etkisi incelenmiştir. *B. subtilis* CKT1 suşunun üst aksam uzunluğunu (%5,22), tohum çimlenmesini (%36,08), kök uzunluğunu (%21,12), azot (%18,75), potasyum (%57,69), fosfor miktarlarını (%22,22), üst aksam kuru ağırlığını (%63,60) ve kök kuru ağırlığını (%54,08) arttırdığı tespit edilmiştir

Krawczyk ve ark. (2022), tarafından yapılan çalışmada ise, bitkilerin morfolojik parametreleri incelendiği zaman yaş-kuru ağırlıkta ve kök-gövde uzunluğunda az miktarda artış görülmüştür.

3.8.1.2. Domateste Gövde Çapı

Domates bitkisinde steril toprak şartlarında tohum uygulamasında Tablo 18 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 6, 1, 5 ve 2 nolu suşların gövde çapı önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 18). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *P. putida*, *B. megaterium* OL673801 EUU21 ve *Bacillus* spp OL674232 EU5 türleri olarak tanımlanmıştır ve % 26'lık bir artışla gövde çapına en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Altı numaralı suş kontrole göre en yüksek değer verdiğini istatistiki olarakta açıklamıştır ($p < 0,001$). Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek gövde çapı 6, 1, 5 ve 2 uygulamaları sonrasında sırasıyla 7,97, 7,77, 7,68 ve 7,64 mm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 6,30 mm olarak ölçülmüştür Aynı zamanda her 4 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında tohum bulaştırması gövde çapında $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates bitkisinde steril olmayan toprak şartlarında tohum uygulamasında Tablo 18 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 3, 2, 6 ve 7 nolu suşların gövde çapı önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 18 / Şekil 38). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *Bacillus* spp OL674232 EU5, *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 14) ve %34'lik bir artışla gövde çapına en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Üç numaralı suş kontrole göre en yüksek değer verdiğini istatistiki olarak ta açıklanmıştır ($p < 0,05$). Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek

gövde çapı 3, 2, 6 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 7,72 7,40 7,33 7,22 mm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 5,76 mm olarak ölçülmüştür Aynı zamanda her üç suşında azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Steril ve steril olmayan toprak şartlarında tohum bulaştırma uygulamasında önemli fark ($p > 0,05$) yok ama kontrole uygulamalar arasında fark var. Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR (U) uygulamasında tohum bulaştırması steril olmayan toprak şartlarında gövde çapında $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Steril X steril olmayan toprakta tohum uygulaması (U x T) $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Yapılan istatistiki analizlere göre fideye PGPR uygulaması $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Steril X steril olmayan toprak şartlarında ise $p > 0,05$ önemli bulunmamıştır (Tablo 18 / Şekil 37). Domates bitkisinde steril toprak şartlarında fide bulaştırma incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 6, 5, 2 ve 7 nolu suşların gövde çapı önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Bu suşlar *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *B. megaterium* OL673801 EUU21, *Bacillus* spp. OL674232 EU5, *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 12 / Şekil 37) ve %27'lik bir artışla gövde çapına en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek gövde çapları 6, 5, 2 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla nolu 7,94 7,84 7,80, 7,79 mm olarak tespit edilmiştir Kontrol bitki ise 6,23 mm olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda 5 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Domates bitkisinde steril olmayan toprak şartlarında fide bulaştırma uygulaması Tablo 18' de kontrol uygulamasına kıyasla 3, 9, 8 ve 7 nolu suşların gövde çapında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 18). Bu suşlar sırası ile *Bacillus thuringiensis* OL674235EU14, *S. rhizophlia*-*P. graminis*, *B. megaterium* OL673801 EUU21 X *B. thuringiensis* OL674237EU743 X *Bacillus* spp OL674234EU34, *Bacillus* sppOL674234EU34 X *B. megaterium* OL673801EUU21 X *B. thuringiensis* OL674237 EU743olarak tez kapsamında tanımlanmıştır (Tablo 10). Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek gövde çapı 3, 9, 8 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 7,81 7,74 7,32 7,25 mm olarak tespit edilmiştir Kontrol bitki ise 6,16 mm olarak ölçülmüştür Aynı zamanda 5 suşında azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme

yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Fideye bulaştırma uygulamasında Steril olmayan toprak şartlarında %26'lık bir artışla steril toprak şartlarında gövde çapında en iyi etkiyi göstermiştir PGPR uygulamaları arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksiyonu önemli bulunmamıştır. Toprak uygulaması özellikle tohum uygulamasında gövde çapında artış sağlamıştır. U x T uygulama ve toprak interaksiyonu ise önemli bulunmuştur. B x T bakteri uygulaması ve toprak şartları önemli olmuştur (Tablo 18).

Tablo 18. Domateste bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(mm)	Fide(mm)	Tohum(mm)	Fide(mm)
1	7,77a	7,38a	7,07abc	7,32ab
2	7,37ab	7,80a	7,40ab	7,25ab
3	7,37ab	7,60a	7,72a	6,55bc
4	7,17ab	7,55a	7,20abc	6,51bc
5	7,68a	7,84a	6,70bc	7,08ab
6	7,97a	7,94a	7,33abc	7,05abc
7	7,52ab	7,79a	7,22abc	7,23ab
8	7,54ab	7,26a	7,18abc	7,74a
9	7,64ab	7,57a	6,62c	7,81a
K	6,30cd	6,23b	5,76d	6,16c
CV	13,41	5,7	5,58	6,81
Bakteri(B)	**	*	**	*
Uygulama(U)	**	*	**	*
Toprak şekli (T)	**	öd	**	öd
B x T	*	*	*	*
U x T	*	*	*	*
Bx Tx U	öd	öd	öd	öd

*: $p < 0,05$ **: $P < 0,001$ öd: $p > 0,05$ (önemli değil)

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında bitkilere uygulanan PGPR uygulamalarıyla olumlu sonuçlar alındığı görülmüştür PGPR'ların bitkiler üzerindeki etkilerine bakıldığında verim kök ve ana gövde ağırlığını ve kalınlığını artmakta, yaprakların yaşlanması gecikmekte ve bazı hastalıklara karşı dayanıklılık sağlandığı ortaya çıkmaktadır (Çakmakçı ve ark., 2005; Çakmakçı, 2010b).

Nitekim yapılan bir çalışmada göstermiştir ki (Kokalis-Burelle ve ark., 2002b) benzer olarak, PGPR uygulamalarının domates fidelerinde kök boyu, gövde çapı, bitki boyu

gibi parametreler ile bitki gelişimini (Ibiene ve ark., 2012), biberde ve domates fide büyümesini artırdığını (Garcia ve ark., 2003) belirtmişlerdir.

3.8.1.3. Domateste Yaprak Alanı

Yapılan istatistiki analizlere göre tohumla bulaştırma uygulamasında yaprak alanı (yaprak genişliği) üzerine PGPR uygulaması etkisi $p<0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 19).

Domates bitkisinde steril toprak şartlarında Tablo19 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 7, 9, 8 ve 2 nolu suşların aynı grupta yer alarak yaprak alanında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 19). Bu suşlar sırası ile *Bacillus* spp ve *Pseudomonas* spp ile oluşturulan ilk altı bakteri suşun karışım formülasyonu, *S rhizophlia-P graminis*, *Bacillus* spp OL674234 EU34x *B megaterium* OL673801 EUU21X *B thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp OL674232 EU5 türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). Bu Yaklaşık %105 artışla yaprak alanında en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek yaprak alanı 7, 9, 8, 2 ve 1 uygulamaları sonrasında sırasıyla 289,67, 282,00, 280,00 ve 259,50 cm² olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 107,6 cm² olarak ölçülmüştür Aynı zamanda her 4 suşinde azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında tohum bulaştırması yaprak alanında $p<0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates bitkisinde steril toprak şartları ile aynı bakteriler steril olmayan toprak şartlarında tohum uygulamasında da aynı kaldığı Tablo 18’de görülmektedir, kontrol uygulamasına kıyasla 7, 9, 8 ve 2 nolu suşların yaprak alanında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 19). Steril toprak şartlarında da aynı bakteri suşları yakın sonuçlarla aynı grupta yer almıştır. Yaprak alanı ortalamaları sırası ile 290,50, 282,07, 280,60 ve 279,57 cm² olarak tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında tohum bulaştırması steril olmayan toprak şartlarında yaprak alanı $p<0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates bitkisinde fide bulaştırma yönteminde steril toprak şartlarında Tablo 19, incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 6, 8, 9 ve 7 nolu suşlerin aynı grupta yer

olarak fide uygulamasında yaprak alanında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 10 / Şekil 37). Bu suşlar sırası ile *Bacillus thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* sppOL674234 EU34 X *Bacillus megaterium* OL673801 EUU21 X *Bacillus thuringiensis* OL674237 EU743, *S. Rhizophlia* X *P. graminis* ve *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tanımlanmıştır. Yaklaşık İki katı bir artışla yaprak alanında en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek yaprak alanı 6, 8, 9 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 268,17, 262,07, 258,20 ve 255,10 cm² olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 101,63 cm² olarak ölçülmüştür Aynı zamanda her iki suşinde azot fikse etme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında tohum bulaştırması yaprak alanında $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates bitkisinde fide bulaştırma yönteminde steril olmayan toprak şartlarında Tablo 18, incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 6, 2, 9 ve 7 nolu suşların fide uygulamasında yaprak alanında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 19). Yaklaşık İki katı (%120) bir artışla yaprak alanında en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek yaprak alanı 1, 6, 2, 9 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 294,50, 282,23, 267,30 ve 255,43 cm² olarak tespit edilmiştir Kontrol bitki ise 141,00 cm² olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda her beş suşinde azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında tohum bulaştırması yaprak alanında $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan iki farklı toprak uygulamasında da 6, 7 ve 9 numaralı suşlar fide uygulaması yaprak alanında benzer ve yüksek sonuçlar vermiştir.

Yaprak alanında B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksiyonu önemli bulunmamıştır. Toprak / fide Uygulaması (U) ve bakteri (B) uygulaması özellikle tohum uygulamasında yaprak alanında artış sağlamıştır. U x T uygulama ve toprak interaksiyonu ise önemli bulunmuştur. B x T bakteri uygulaması ve toprak şartları önemli olmuştur. Bakteri uygulaması yaprak alanında kontrole göre önemli bir fark göstermiş istatistik olarakta önemli bulunmuştur (Tablo 19).

Tablo 19. Domateste bakteri uygulamalarının yaprak alanına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (cm ²)	Fide (cm ²)	Tohum (cm ²)	Fide(cm ²)
1	255,50a	187,13cd	272,30a	294,50a
2	259,50a	171,30d	280,60a	267,30a
3	180,00b	214,23bcd	191,27b	249,80ab
4	185,00b	239,03ba	191,17b	198,77c
5	190,33b	231,73abc	188,80b	200,23c
6	176,67b	268,17a	174,47b	282,53a
7	289,67a	255,10ab	282,07a	224,93c
8	280,00a	262,07ab	290,50a	203,37c
9	282,00a	258,20ab	279,57a	255,43a
K	107,6c	101,63e	125,03c	141,00d
CV	4,08	12,65	12,48	7,49
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak (T)	*	*	*	*
B x T	**	*	**	*
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Yapılan tez çalışması denemesinde uygulama yapılan tüm PGPR uygulamalarında yaprak alanında önemli artışlar gözlenmiştir. Yaprak gelişimi ile ilgili olarak araştırmamızda elde edilen bu bulgular farklı çalışmalar ile benzerlik içerisindedir. Yapılan bir çalışmada *B. megaterium* ve *P. polymyxa* bakterilerinin domates bitkisinde başta bitki boyu olmak üzere klorofil oranında ve yaprak alanı indeksi artışlara neden olduğu bildirilmektedir (Deng ve ark., 2013).

Origanum majorana L. bitkisinde kullanılan *B. subtilis*, *P. fluorescens*, *Bradyrhizobium* sp., ve *Sinorhizobium meliloti* rizobakterilerinin değişik büyüme parametrelerine etkisi incelenmiştir Diğer PGPR ile inoküle edilen ve bakteri uygulanmamış (kontrol) bitkileri ile karşılaştırılana *P. fluorescens* ve *Bradyrhizobium* sp. rizobakterilerin yaprak sayısını arttırmada önemli etkilerinin olduğu saptanmıştır (Banchiove ark., 2008).

Burkholderia cepacia OSU-7, *P. putida* BA-8, *B. megaterium* M-3, ve *B. subtilis* OSU-142 izolatlarının tek başına veya kombinasyonlarının vişnede (*Prunus cerasus* cv Kütahya) bitkilerin yaprak alanını arttırdığını gözlemlemişlerdir. Uygulamalar içerisinde en fazla yaprak alanı oluşmasında tek başına OSU-142'nin ve bu bakterinin içerisinde

yer aldığı OSU-142 +BA-8+M-3+ SU-7kombinasyonunun etkili olduğu anlaşılmıştır (Karakurt ve ark., 2011).

Domates solgunluğu hastalığının etmeni *Ralstonia solanacearum* kontrolü amacıyla kurulan bir denmede, *Paenibacillus polymyxa* izolatının domates bitkisinde bitki boyu, yaprak alanı ve klorofil oranında indeksinde artışlar yaşanmasında önemli ölçüde başarılı olduğu rapor edilmektedir (Deng ve ark., 2013).

Tuzlacı (2014), Erzincan’da yürütmüş olduğu bir çalışmada; örtü altı ve açıkta bitki gelişimini teşvik eden bakterilerden *B. subtilis* RC521, *B. pumilus* RC23, *B. megaterium* RC07, *P. polymyxa* RCYE283, *B. pyrrocinia* RCYE64, *S. acidaminiphila* RCYE47, *P. fluorescens* RC77, *P. agglomerans* RCYE58’i çilekte verim ve kaliteye etkilerini test etmişlerdir. Yararlı bakterilerin yaprak gelişimine olumlu etkilerinin olduğu ortaya konulan sonuçlara göre; en fazla yaprak alanına 2528 cm² ile *S. acidaminiphila* RCYE47+ *B. subtilis* RC521 uygulamasında ulaşıldığı rapor edilmiştir.

3.8.1.4.Domateste Yaprak Sayısı

Domates bitkisinde steril toprak şartlarında tohuma bulaştırma yönteminde Tablo 20, incelendiğinde de kontrol uygulamasına kıyasla 2, 3 ve 6 nolu suşların aynı grupta yer alarak yaprak sayısında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 20). Bu suşlar sırası ile *Bacillus* spp. OL674232 EU5, *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tanımlanmış, %27 bir artışla yaprak sayısında en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek yaprak sayısı 2, 3 ve 6 uygulamaları sonrasında sırasıyla 12,00 adet olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 9,66 adet olarak sayılmıştır. Aynı zamanda her üç suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistikî analizlere göre PGPR uygulamasında tohum bulaştırması yaprak sayısında $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur

Domates bitkisinde steril olmayan toprak şartlarında tohum uygulaması Tablo 20 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 2, 3 ve 7 nolu suşların aynı grupta yer alarak yaprak alanında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 20 / Şekil 40). Bu suşlar sırası ile *Bacillus* spp. OL674232 EU5, *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *Bacillus*

spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). Yaprak sayısında %39 bir artışla en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek yaprak sayısı 2, 3 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 11,66 11,33 adet olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 8,33 adet olarak sayılmıştır. Aynı zamanda her üç suşinde azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında 2 ve 3 numaralı bakteri suşları hem steril hem de steril olmayan iki toprak uygulamasında tohum bulaştırma yönteminde yaprak sayısını arttırmış, $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates bitkisinde fide bulaştırma yönteminde steril ve steril olmayan toprak şartlarında Tablo 20, incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 3, 4 ve 8 nolu suşlerin aynı grupta yer alarak yaprak sayısında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 20 / Şekil 37). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *P. flavescentis*, *Bacillus* spp.OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801 EUU21X *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tanımlanmıştır. Yaprak sayısında % 29 bir artışla en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek yaprak sayısı 3, 4 ve 8 uygulamaları sonrasında sırasıyla 12,00-11,66 adet olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 9,66-9,00 adet olarak sayılmıştır. Aynı zamanda her üç suşinde azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulamasında fide bulaştırması yaprak sayısında $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Yaprak sayısında B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksiyonu önemli bulunmamıştır. Toprak / fide Uygulaması (U) ve bakteri (B) uygulaması özellikle tohum uygulamasında yaprak alanında artış sağlamıştır. U x T uygulama ve toprak interaksiyonu ise önemli bulunmamıştır. B x T bakteri uygulaması ve toprak şartları önemli olmuştur. Bakteri uygulaması yaprak alanında kontrole göre önemli bir fark göstermiş istatistik olarakta önemli bulunmuştur (Tablo 20).

Tablo 20. Domateste bakteri uygulamalarının yaprak sayısına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(adet)	Fide(adet)	Tohum(adet)	Fide (adet)
1	11,00abc	10,67a	11,33a	11,33a
2	12,00a	11,00a	11,33a	10,66a
3	12,00a	10,00ab	11,66a	11,66a
4	11,00abc	11,00a	10,33ab	12,00a
5	10,00bc	10,66a	10,66ab	11,00a
6	12,00a	11,66a	9,66b	11,66a
7	11,00abc	11,00a	11,66a	11,00a
8	11,33ab	11,33a	11,66a	11,66a
9	11,33ab	10,66a	11,00ba	11,3a
K	9,66c	9,00b	8,33c	9,00b
CV	6,86	8,22	6,77	10,87
Bakteri(B)	*	*	*	*
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B x T	*	*	*	*
U x T	öd	öd	öd	öd
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd:p>0.05 (önemli değil)

Bizim çalışmamızla benzer bir sonuç Karagöz ve ark., (2010) tarafından yapılan bir çalışmada bakteri suşlarından *P. agglomerans*'ın yaprak sayılarında (23,66) kontrole oranla artışa neden olduğu ancak sonucun istatistiki olarak önemli olmadığı bulunmuştur.

Krawczyk ve ark. (2022), tarafından yapılan çalışmada ise yaprak sayıları ve alanları incelendiği zaman belirgin bir artış gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda da yapraklarda artış ve klorofil seviyelerinde artış görülmüştür.

3.8.1.5. Domateste Sürgün (Gövde + Yaprak) Yaş ve Kuru Ağırlığı

PGPR uygulamalarının domateste tohumla bulaştırma yönteminde sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileriyle ilişkili bulgular Tablo 21' de verilmiştir. Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulaması $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Domates bitkisinde steril toprak şartlarında 6, 8 ve 9 nolu suşların aynı grupta yer alarak önemli düzeyde Sürgün (gövde+dal) yaş ağırlığını arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 21). Bu suşlar sırası ile *Bacillus thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801 EUU21 X *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *S. rhizophila* X *P. graminis* türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). Yaklaşık ki katı bir artışla (%95) sürgün yaş ağırlığı en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu

çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek sürgün yaş ağırlığı 6, 8 ve 9 uygulamaları sonrasında sırasıyla 79,36, 75,49 ve 74,90 gr olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 48,5 gr olarak tartılmıştır. Sürgün kuru ağırlığı ise yine aynı bakteri suşları 8,57, 7,41 ve 7,15 gr kontrol bitki ise 3,25 gr olmuştur (Tablo 22). Aynı zamanda her üç suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Steril olmayan tohum bulaştırma sürgün yaş ağırlığında ise benzer sonuçlar alınmış altı numaralı bakterinin yerini yedi numaralı suş (73,90 gr) almıştır (Tablo 21 / Şekil 38). Diğer iki bakteri suşu değişmemiştir. Sürgün yaş-kuru ağırlığında 6, 7, 8 ve 9 bakteri uygulaması iki toprak uygulaması için artış sağlamıştır (Tablo 21).

PGPR uygulamalarının domatest fide bulaştırma yönteminde sürgün yaş ağırlığı üzerine etkileriyle ilişkili bulgular Tablo 21' de verilmiştir. Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulaması aynı grupta yer almış $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Domates bitkisinde steril toprak şartlarında fide bulaştırma uygulamasında 6, 7 ve 9 nolu suşların aynı grupta yer alarak önemli düzeyde Sürgün (gövde+dal) yaş-kuru ağırlığı arttırdığı tespit edilmiştir (Şekil 37). Bu suşlar sırası ile *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp, *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801EUU21 X *B. thuringiensis* OL674237EU743, *S. rhizophila* X *P. graminis* türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). İki katı bir artışla (%150) sürgün yaş-kuru ağırlığı en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek sürgün yaş ağırlığı 6, 8 ve 9 uygulamaları sonrasında sırasıyla 75,49, 74,88 ve 73,72gr olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 43,10 gr olarak tartılmıştır. Sürgün kuru ağırlığı ise yine aynı bakteri suşları 7,28, 6,45 ve 6,21 gr kontrol bitki ise 2,90 gr olmuştur (Tablo 22). Aynı zamanda her üç suşunda azot fiske etme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12.). Steril olmayan tohum bulaştırma sürgün yaş-kuru ağırlığında ise benzer sonuçlar alınmış değerler benzer oranlarda kalmıştır.

Genel olarak tüm PGPR uygulamaları sürgün yaş-kuru ağırlığını kontrole göre artırmıştır. Sürgün yaş-kuru ağırlığında 7, 8 ve 9 bakteri uygulaması iki toprak uygulaması için artış sağlamıştır (Tablo 21 / 22).

Sürgün yaş / kuru ağırlığında B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksiyonu önemli bulunmamıştır. Bakteri uygulaması (B) çok önemli bulunmuştur. Toprak / fide Uygulaması (U) ve bakteri (B) uygulamasında interaksiyon önemli olmuştur. U x T uygulama ve toprak interaksiyonu ise önemli bulunmamıştır. B x T bakteri uygulaması ve toprak şartları önemli olmuştur. Bakteri uygulaması yaprak alanında kontrole göre önemli bir fark göstermiş istatistik olarakta önemli bulunmuştur (Tablo 21 / 22)

Tablo 21. Domateste bakteri uygulamalarının Sürgün (Gövde + Yaprak) yaş ağırlığı etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (gr)	Fide (gr)	Tohum(gr)	Fide(gr)
1	72,46ab	64,40b	49,93cd	78,76b
2	64,46ab	66,85ab	59,66bc	76,39b
3	70,64ab	66,77ab	64,44ab	62,66c
4	69,30ab	73,35ab	64,97ab	76,94b
5	53,57cb	70,72ab	56,53bc	55,12d
6	79,36a	75,04a	42,54ed	89,34a
7	71,35ab	73,72a	73,90a	74,13b
8	74,90a	71,88ab	72,94a	57,38cd
9	75,49a	75,49a	67,59ab	88,61a
K	48,5c	43,10c	33,20e	38,07e
CV	10,36	10,98	11,45	5,72
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B x T	*	*	*	*
U x T	öd	öd	öd	öd
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Tablo 22. Domateste bakteri uygulamalarının sürgün kuru ağırlığı etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (gr)	Fide (gr)	Tohum (gr)	Fide (gr)
1	7,41ab	6,19a	5,68bc	6,50ab
2	7,04abc	5,90a	6,44ab	5,83ab
3	7,42ab	6,18a	6,91ab	6,83ab
4	5,76bcd	6,0a	6,32ab	5,75b
5	6,50abc	6,28a	5,86bc	6,49ab
6	8,57a	6,40a	6,64ab	6,51ab
7	5,39cde	7,28a	6,64ab	6,29ab
8	7,45ab	6,21a	7,69a	6,77ab
9	7,41ab	6,45a	6,22ab	7,17a
K	3,25de	2,90b	4,59c	2,96c
CV	14,03	12,14	14,35	11,34
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B x T	*	*	*	*
U x T	öd	öd	öd	öd
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Yapılmış çalışmalar incelendiğinde benzer sonuçları görmek mümkündür. Bu çalışmalardan birinde topraktan elde edilen rizobakteri izolatlarının kullanılması ile kültür bitkilerinde sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, bitki boyu kök uzunluğu ve kök sayısına dair istatistiksel anlamda önemli artışlar olduğu rapor edilmiştir (Asghar ve ark., 2004).

PGPR bakterilerinin verim artırıcı etkisi üzerine yapılan bir çalışmada, verim değerleri ile *in vitro* fosfataz salgıları ve bakteriyel IAA, tohum çimlenme yüzdesi *in vivo* bitki çıkışı, bitki boyu, çiçek sayıları ve nodul sayıları gibi bazı parametreler incelenmiş ve önemli korelasyonlar tespit edilmiştir (Uslu, 2006).

Yıldız ve ark. (2007), altı ildeki (Adana, Antalya, Hatay, Osmaniye, Mersin ve Muğla) domates üretim alanlarındaki sörveylerde 499 adet aday PGPR bakteri izolatu elde etmiş, bu izolatların içinden 3 izolatu tohum denemeleri ve 2 izolatu tarla çalışmalarında kullanmıştır ISR 2000 adlı ticari preparatu da PGPR uygulamalarıyla karşılaştırmak amacı ile kullanılmıştır. PGPR izolatları dal sayısı, gövde çapı, bitki boyu, bitki yaş / kuru ağırlığı ve üzerine değişen oranlarda artırıcı etkide bulunmuştur.

Rizobakterilerin sürgün gelişimini teşvik edici olduğuna dair benzer bir çalışmada sürgün ağırlığı, yaprak sayısı, düğüm sayısı, sürgün uzunluğu ve kök kuru ağırlığında önemli artışlar bildirilmiştir (Banchio ve ark., 2008).

El-Esawi ve ark. (2020), tarafından yapılan çalışmada, bakteri uygulamasının bitkinin morfolojik özellikleri üzerindeki etkileri incelendiği zaman kök-gövde uzunluklarında artış, biyokütlede artış olduğu gözlenmiştir.

3.8.1.6. Domateste Çiçeklenme Süresi

Çiçeklenme gün sayısı toplam 58 günlük hasata kadar geçen sürede uygulama yapılan 9 bakteri uygulamasından elde edilen veriler incelendiğinde 6, 8 ve 9 numaralı bakteriler çiçeklenmede erkencilik sağlamıştır (Tablo 23 / Şekil 39). Bu bakteri suşları sırası ile *Bacillus thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *Bacillus megaterium* OL673801 EUU21X *Bacillus thuringiensis* OL674237 EU743 ve *Stenotrophomonas rhizophila* X *Pseudomonas graminis* türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). Kontrole göre 8 gün önce çiçeklenme sağlamıştır. Şekil 39’da bakteri uygulaması sonucunda çiçeklenmiş bitkiler ve çiçeklenmemiş kontrol bitkileri verilmiştir.

Tablo 23. Domateste çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı

Bakteri	Tohum		Fide	
	Steril	Steril olmayan	Steril	Steril olmayan
1	52	52	52	52
2	52	52	52	52
3	58	58	58	58
4	52	52	52	52
5	52	52	52	52
6	50	50	50	50
7	52	52	52	52
8	50	50	50	50
9	50	50	50	50
K	58	58	58	58



Şekil 39. Domateste bakteri uygulamalarının çiçeklenmeye etkisi. A ve C bakteri uygulanmış ve daha erken çiçeklenmiş bitkiler, B: Çiçeklenmemiş kontrol bitkileri.

Bizim çalışmamızla benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından da ortaya konmuştur. Ünlü ve Padem (2009), organik domates ile konvansiyonel domates yetiştirilen alanda mikrobiyal gübre uygulamalarının erkenci verime olanak sağladığını tespit etmişlerdir.

Erdal (2005), yapmış olduğu çalışmasında bazı PGPR grubu bakteri izolatlarının domateste bitki gelişmesini, çiçeklenmeyi ve tohum çimlenmesini artırıcı etkisini belirlemiş; çiçek sayısındaki artışın verim üzerine de olumlu artışa neden olacağını bildirmiştir.

Yapılan araştırmalarda PGPR' ların birçok bitki türünde klorofil miktarında artış, erken çimlenme, sürgün dokularının gelişmesi, yaprak alanı, erken çiçeklenme, bitki boyu, ağırlığı, kök büyümesi, yaprakta absisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi, besin içeriğinin dengelenmesi gibi bir dizi mekanizma ile bitki gelişimini olumlu yönde etkileyerek bitki gelişimini arttırdıkları belirtilmiştir (Schipper ve ark., 1987; Guo ve

ark., 2004; Kokalis- Burelle ve ark., 2006; Sharafzadeh, 2012; Singh ve ark., 2014; Fan ve ark., 2017; Ünlü ve ark., 2023)

3.8.1.7. Domateste Kök Yaş ve Kuru Ağırlığı

PGPR uygulamalarının domateste tohum bulaştırma yönteminde kök yaş-kuru ağırlığı üzerine etkileriyle ilişkili bulgular Tablo 24 / 25’de verilmiştir. Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulaması $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Domates bitkisinde steril toprak şartlarında tohum uygulamasında 1, 6 ve 8 nolu suşların önemli düzeyde kök yaş-kuru ağırlığı arttırdığı tespit edilmiştir (Şekil 41). Bu suşlar sırası ile *P. putida*, *B. thuringiensis* OL674237 EU743 ve *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801 EUU21X *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). İki katı bir artışla kök yaş-kuru ağırlığı en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek kök yaş ağırlığı 1, 6 ve 8 uygulamaları sonrasında sırasıyla 36,23, 32,96 ve 28,80gr olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 14,54 gr olarak tartılmıştır. Kök kuru ağırlığında ise 1,97, 1,85 ve 1,71gr kontrol bitki ise 0,50 gr olmuştur (Tablo 25).

Steril olmayan tohum bulaştırma kök yaş-kuru ağırlığında ise benzer sonuçlar alınmıştır (Tablo 24 / 25).

PGPR uygulamalarının domateste fide bulaştırma yönteminde kök yaş-kuru ağırlığı üzerine etkileriyle ilişkili bulgular Tablo 24 / 25’de verilmiştir. Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulaması $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Domates bitkisinde steril toprak şartlarında 6, 8 ve 9 nolu suşların önemli düzeyde kök yaş-kuru ağırlığı arttırdığı tespit edilmiştir (Şekil 40). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674237 EU743 ve *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *Bacillus megaterium* OL673801 EUU21X *B. thuringiensis* OL674237 EU743 ve *S. rhizophila* X *P. graminis* türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). Üç katı bir artışla kök yaş-kuru ağırlığı en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük domates bitkilerinde en yüksek kök yaş ağırlığı 6, 8 ve 9 uygulamaları sonrasında sırasıyla 38,4, 29,00 ve 28,5 gr olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 10,1 gr olarak tartılmıştır. Kök kuru ağırlığında ise 2,01 1,81 ve 1,70 gr kontrol bitki ise 0,83 gr olmuştur Aynı zamanda her üç suşinde azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Steril olmayan fide bulaştırma kök yaş-kuru ağırlığında ise benzer sonuçlar alınmıştır. Uygulama yapılan PGPR bakteriler kök yaş-kuru ağırlığını hem steril hemde steril olmayan toprak şartlarında büyük oranda artırmıştır. Özellikle steril olan toprakta tohum ve fideye uygulanan bakteri uygulamaları daha önemli bulunmuştur (Tablo 24 / Tablo 25).

Kök yaş / kuru ağırlığında B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksiyonu önemli bulunmuştur. Bakteri uygulaması (B) çok önemli bulunmuştur. Toprak / bakteri uygulaması interaksiyonu (B x T) steril toprak tohum uygulamasında çok önemli bulunmuştur. Özellikle steril toprak kök gelişiminde artışta önemli rol oynamıştır. Bakteri (B) uygulamasında bakteriler arasındaki interaksiyon çok önemli olmuştur. U x T uygulama ve toprak interaksiyonu ise önemli bulunmuştur. Bakteri uygulaması yapılan tohum uygulaması kök yaş / kuru ağırlığında kontrole göre önemli bir fark göstermiş istatistik olarakta çok önemli bulunmuştur (Tablo 24 / 25).

Tablo 24. Domateste bakteri uygulamalarının kök yaş ağırlığı etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(gr)	Fide (gr)	Tohum(gr)	Fide (gr)
1	36,23a	24,76bc	20,91a	16,40cd
2	31,16b	17,70de	14,49abc	22,11bc
3	31,84b	22,70cd	14,66abc	11,97e
4	24,68cd	22,20cd	15,66ab	18,3cd
5	22,89cd	20,20d	15,21ab	15,76de
6	32,96b	37,00a	16,87ab	24,04b
7	24,34cd	28,50b	16,63ab	18,27cd
8	31,03b	38,40a	19,54a	18,96cd
9	28,80c	39,00a	11,87bc	32,30a
K	14,54d	10,10e	8,67c	5,64f
CV	13,25	6,97	15,5	14,01
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	**	**	*	*
B x T	**	**	*	*
U x T	*	*	*	*
B x T x U	*	*	*	*

*:

p<0.05 ** : P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

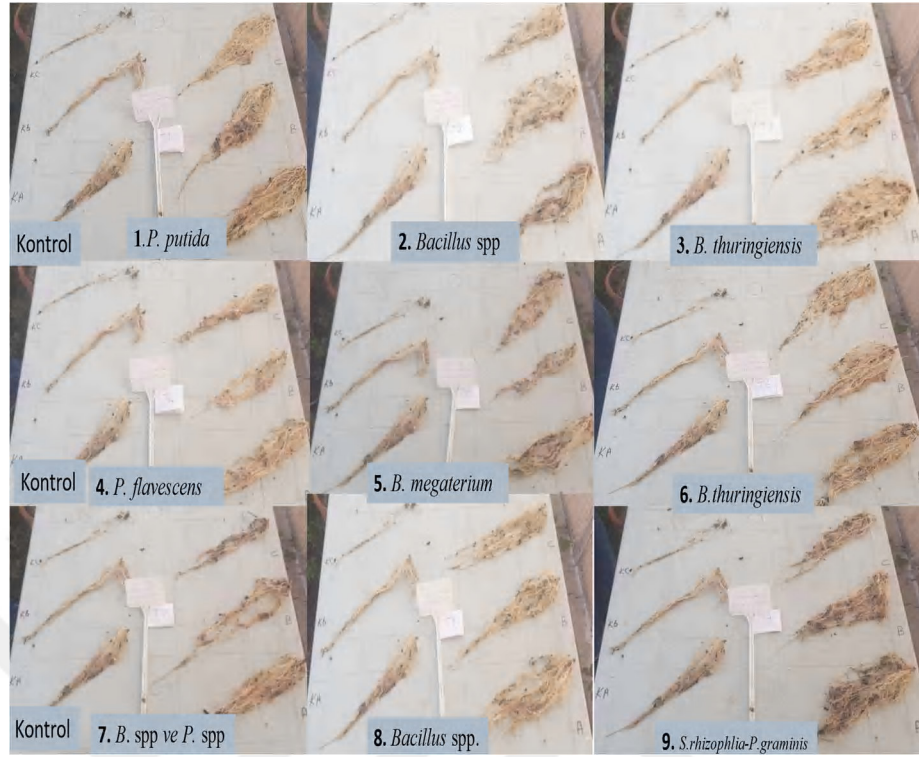
Tablo 25. Domateste bakteri uygulamalarının kök kuru ağırlığına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (gr)	Fide (gr)	Tohum (gr)	Fide (gr)
1	1,81a	1,61ab	1,31ab	1,44ab
2	1,50b	0,99ab	0,98abc	0,77cd
3	1,70ab	1,23ab	0,77dc	0,58d
4	0,91cd	1,06ab	1,00abcd	0,87cd
5	1,19c	0,96ab	0,95abcd	1,48ab
6	1,97a	2,01a	1,44a	1,49ab
7	0,81c	1,10ab	1,20abc	0,74cd
8	1,85a	1,70ab	1,46a	1,66ab
9	1,39b	1,81a	0,89bcd	1,86a
K	0,50d	0,83b	0,49d	0,51d
CV	11,41	13,46	13,2	25,68
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	**	**	*	*
B x T	**	**	*	*
U x T	*	*	*	*
B x T x U	*	*	*	*

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)



Şekil 40. Steril toprakta fide uygulama kök ölçümleri.



Şekil 41. Steril toprakta tohum uygulaması kök ölçümleri.

PGPR aşılama yapılan başta buğday, çeltik, mısır, şeker pancarı sorgum, arpa, yulaf, darı, hardal, şeker pancarı, turp, yer fıstığı, nohut, bakla, ayçiçeği, pamuk, patates, biber, hıyar, domates bitkilerinde, bitki gelişimi, verim artışı ve kuru madde değerlerinde de artışlar olduğu yapılan birçok çalışma ile izlenmiştir (Çakmakçı ve Erdoğan, 2005).

Fosfor çözücü bakteriler ile birlikte uygulanan fosforlu gübre uygulamalarının bitki kuru ağırlığını bakterisiz fosforlu gübre uygulamalarına göre daha fazla arttırdığı yapılan araştırmalar ile de tespit edilmiştir (Turan ve ark., 2007). Ayrıca, toprağa uygulanan fosfor çözücü bakterilerin bitki kuru ağırlığını arttırmanın yanında bitkide klorofil miktarı gibi parametreler üzerindeki olumlu etkilerini gösteren çalışmalar mevcuttur (Ravikumar ve ark., 2010).

Yapılan bir araştırmada ise IAA üreten *Ecloacae* CAL3 ve *P. putida* GR 12-2 izolatlarının, kanola, domates bitkilerinin inokulasyonu sonucu fide köklerinin gelişimi üzerine önemli ölçüde artış olduğu bildirilmiştir. Çalışma verileri bakteriyel IAA'nın bitki kök sisteminin gelişiminde önemli bir rol oynadığını köklenmeyi teşvik ettiği sonucunu göstermektedir (Patten ve Glick, 2002).

Rizobakterileri *Brassica napus* L bitkilerinde deneyerek bitkilerin kök uzunluğu ve kök sayısını bitkilerin bitkisel parametrelerinde artıcı yönde bulguların elde edildiği diğer bir araştırmayla da desteklenmektedir (Asghar ve ark., 2004).

Serada yürütülen bir araştırmada *B. subtilis* uygulanmış domates ile kontrole kıyaslandığında kök yaş ve kuru ağırlıklarının yararlı rizobakteri uygulamasının etkisiyle arttığını ortaya koymuşlardır (Mena-Violante ve Olalde-Portugal, 2007).

Bitki gelişimini uyaran bakterilerin kullanıldığı *Origanum majorana* L. Bitkisinde değerlendirilen PGPR izolatlarından *B. subtilis*, *Sinorhizobium meliloti*, *P. fluorescens* ve *Bradyrhizobium* sp. rizobakterilerinden sadece *Bradyrhizobium* sp. ve *P. fluorescens* diğer büyümeyi teşvik edici rizobakteriler ile inokule edilmiş ve bakteri kullanılmamış kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında kök kuru ağırlığında önemli artışlar göstermiştir (Banchio ve ark., 2008).

Menéndez ve ark. (2020), yaptığı araştırmada *Mesorhizobium tamadayense* CCANP122 suşu ve *Esorhizobium ciceri* CCANP14 suşunu domates bitkilerine uygulanmış ve vejetatif parametreleri üzerine etkisi araştırmışlardır. Fidelerin yaş ve kuru ağırlık parametresinde en yüksek değer *Esorhizobium ciceri* CCANP14 suşu uygulanmış fidede sırasıyla 159,5 gr ve 152 gr olarak elde edilirken en düşük değer kontrol fidesinde sırasıyla 41,8 gr ve 27 gr olarak elde edilmiştir.

PGPR'lerin çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, Mg, N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta absiyon tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine yarar sağlayacağı bildirilmiştir (Lucy ve ark., 2004; Abboodi ve ark., 2021; Yılmaz ve ark. 2022; Ünlü ve ark., 2023).

3.8.1.8. Domates Bitkisinde Toplam Kök Uzunluğu, Toplam Kök Hacmi, Ortalama Kök Çapı

Domates bitkisine tohum bulaştırma yöntemine ait saptanan değerler Tablo 26'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi ve ortalama kök çapı değerleri steril toprak şartlarında tohum uygulamasındaki PGPR uygulamaları ile önemli seviyede etkilenmiştir. Toplam kök uzunluğu ve kök hacmi ve ortalama kök çapı kontrol bitkilerinden daha yüksek bulunmuştur (Tablo 26 / Tablo 27 / Tablo 28). Yapılan istatistikî analizlere göre PGPR uygulaması $p < 0,001$ düzeyinde önemli

bulunmuştur. PGPR uygulaması yapılan hem steril hemde steril olmayan toprak şartlarında bakteri suşları sırası ile 1, 2 ve 6 numaralı bakteriler olmuştur (Tablo 10). Uygulamada öne çıkan bakteri türleri *P. putida*, *Bacillus* spp. OL674232 EU5 ve *B. thuringiensis* OL674237 EU743 olmuştur. Alınan veriler incelendiğinde de tüm ölçülen parametrelerde iki katı artış (% 150) sağlanmıştır. Steril toprak uygulamasının tohum uygulamasında toplam kök uzunlukları uygulama yapılan bitkilerde 49,30, 44,62 ve 53,45 m olurken kontrol bitkide ise 21,28 m olarak ölçülmüştür. Toplam kök hacmi 30,02 , 28,88 ve 31,55 cm³ kontrol bitkilerinde ise 11,84 cm³ olmuştur. Ortalama kök çapı 5,78 , 6,42 ve 6,19 mm kontrol bitkilerinde ise 2,92 mm olmuştur. Çalışma kapsamında uygulana tüm bakteri suşları tüm kök parametrelerinde iki katı artış sağlamıştır. Steril olmayan toprak şartlarındaki veriler steril uygulama ile paralel ve yakın sonuçlar göstermiş bakteri suş numaraları aynı kalmıştır (Tablo 26 / Şekil 43-44). Bu da çalışmamızda kullanılan PGPR bakterilerinin kök parametrelerinde artış sağladığını doğrulamıştır.

Domates bitkisine fide bulaştırma yönteminin de ait elde edilen değerler Tablo 25 / 26 / 27'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi ve ortalama kök çapı değerleri steril ve steril olmayan toprak şartlarında tohum uygulamasındaki PGPR uygulamaları ile önemli seviyede etkilenmiştir. Toplam kök uzunluğu, kök hacmi ve ortalama kök çapı kontrol bitkilerinden daha yüksek bulunmuştur (Şekil 43-44). Yapılan istatistiki analizlere göre PGPR uygulaması $p < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. PGPR uygulaması yapılan hem steril hem de steril olmayan toprak şartlarında bakteri suşları sırası ile 7, 8 ve 9 numaralı bakteriler olmuştur (Tablo 10). Bu türler *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp.OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801 EUU21 X *B. thuringiensis* OL674237 EU743 ve *S. rhizophila* X *P. graminis* türleri olmuştur. Alınan veriler incelendiğinde tüm ölçülen parametrelerde iki katı artış sağlanmıştır. Steril toprak uygulamasında fide uygulamada toplam kök uzunlukları uygulama yapılan bitkilerde 36,54 , 35,96 ve 34,84 m olurken kontrol bitkide ise 15,86 m olarak ölçülmüştür. Toplam kök hacmi 31.697, 26.627 ve 24.087 cm³ kontrol bitkilerinde ise 10.820 cm³ olmuştur (Tablo 27). Ortalama kök çapı 44,76 , 36,00 ve 35,80 mm kontrol bitkilerinde ise 1,57 mm olmuştur (Tablo 28).

Çalışma kapsamında uygulana tüm bakteri suşları tüm kök parametrelerinde iki katı artış sağlamıştır. Steril olmayan toprak şartlarındaki veriler steril uygulama ile paralel ve yakın sonuçlar göstermiş bakteri suş numaraları aynı kalmıştır. Bu da çalışmamızda kullanılan PGPR bakterilerinin kök parametrelerinde artış sağladığını doğrulamıştır.

Kök uzunluğu, hacmi ve çapında B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksiyonu önemli bulunmuştur. Bakteri uygulaması (B) çok önemli bulunmuştur. Toprak / bakteri uygulaması interaksiyonu (B x T) steril toprak tohum uygulamasında çok önemli bulunmuştur. Özellikle steril toprak kök gelişiminde artışta önemli rol oynamıştır. Bakteri (B) uygulamasında bakteriler arasındaki interaksiyon -önemli olmuştur. U x T uygulama ve toprak interaksiyonu ise önemli bulunmuştur. Bakteri uygulaması yapılan tohum uygulaması kök yaş / kuru ağırlığında kontrole göre önemli bir fark göstermiş istatistik olarakta çok önemli bulunmuştur (Tablo 25 / 26 / 27).

Tablo 26. Domateste bakteri uygulamalarının toplam kök uzunluğuna etkisi

Bakteri	Steril olmayan toprak			
	Tohum (m/bitki)	Fide (m/bitki)	Tohum (m/bitki)	Fide (m/bitki)
1	49,30ab	21,82b	28,01a	26,49cde
2	44,42bc	20,54b	22,87b	31,41c
3	35,34def	33,91a	17,64d	25,05de
4	32,33ef	33,15a	18,38d	25,29de
5	39,30cd	22,99b	13,60e	28,09cd
6	53,45a	21,18b	26,38b	28,76cd
7	39,95de	36,54a	17,05d	32,31b
8	29,85f	35,96a	21,03bc	32,77b
9	23,56f	34,84a	19,01cd	39,81a
K	21,28f	15,86c	11,15f	11,02f
CV	6,57	10,75	7,94	10,78
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	**	**	*	*
B x T	**	**	*	*
U x T	*	*	*	*
B x T x U	*	*	*	*

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Tablo 27. Domateste bakteri uygulamalarının toplam kök hacmine etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (cm ³ /bitki)	Fide (cm ³ /bitki)	Tohum (cm ³ /bitki)	Fide (cm ³ /bitki)
1	30,02a	13,37d	18,01a	19,32b
2	28,88a	14,60d	13,72b	21,14b
3	26,21b	21,96c	12,01bc	14,62b
4	19,89c	23,38bc	18,87c	16,98b
5	19,89c	14,82d	19,96cb	19,94b
6	31,55a	14,23d	14,59b	20,45b
7	21,20c	31,69a	11,96bc	21,10b
8	21,56c	26,62a	12,63bc	21,16b
9	20,37c	24,08b	12,69bc	30,03a
K	11,84d	10,82e	5,03d	10,46c
CV	6	7,45	18,34	20,66
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	**	**	*	*
B x T	**	**	*	*
U x T	*	*	*	*
B x T x U	*	*	*	*

*: p<0.05 ** : P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Tablo 28. Domateste bakteri uygulamalarının ortalama kök çapına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(mm)	Fide (mm)	Tohum (mm)	Fide (mm)
1	5,78ab	2,70cd	5,32a	2,88abc
2	6,42a	2,78cd	4,26b	3,60abc
3	4,75bc	3,06ab	3,61cb	2,87abc
4	3,18d	3,37abc	3,06cd	2,16bc
5	3,39cd	3,03bcd	2,86cd	3,94abc
6	6,19ab	2,21d	3,91b	4,43abc
7	3,00d	4,47a	2,66d	4,47ab
8	4,78bc	3,60b	2,88cd	5,12a
9	4,26cd	3,58ab	3,38c	4,54ab
K	2,92d	1,57e	1,12c	1,52c
CV	14,02	37,41	13,88	39,51
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	**	**	*	*
B x T	**	**	*	*
U x T	*	*	*	*
B x T x U	*	*	*	*

*: p<0.05 ** : P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Bizim çalışmamızla benzer sonuçlar gösteren bir çalışmada IAA üreten *Pseudomonas putida* GR 12-2 ve *Enterobacter cloacae* CAL3 izolatlarının, kanola, domates bitkilerinin inokulasyonu sonucu fide köklerinin gelişimi üzerine önemli ölçüde artış olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar bakteriyel IAA' nın konak bitki kök sisteminin gelişiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Patten ve Glick, 2002).

Birçok incelenmiş araştırmada bitkiler ile birlikte bulunan PGPR bakterilerin %80'inin IAA ürettiğini tahmin etmektedir (Patten ve Glick, 2002; Spaepen ve ark., 2007). Calvo ve ark. (2010), patates rizosferinden elde ettiği 63 izolatın % 81'inin, Ashrafuzzaman ve ark. (2009), pirinç rizosferinden izole edilen bakterilerin % 60'nın IAA ürettiğini tespit etmiştir. Fakat izolatların ürettiği IAA düzeyi farklılık gösterebilir ve üretim miktarı PGPR etkide önemli bir faktördür. Poonguzhali ve ark. (2008), *Brassica campestris* rizosferinden izole ettiği PGPR izolatlarının 602-2.775 ppm aralığında IAA ürettiğini belirlemiştir. Majeed ve ark. (2015), Babier ve ark. çalışması kapsamında izole edilen EB'lerin %533'ünün 1 - 2.503 ppm aralığında IAA ürettiği belirlenmiştir (Babier ve ark., 2020). Bu da bitkilerde köklenmeyi arttıran önemli bir hormondur.

Kök gelişiminde fosfor önemli olmasına rağmen tek unsur olarak rol oynamamaktadır. Nitekim Garcia ve ark. (2004), PGPR'lar tarafından üretilen fitohormonların, köklerde büyümeyi teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Walia ve ark. (2014), tarafından yapılan çalışmada çeşitli *Bacillus* türlerinin (*B. subtilis*, *B. vallismortis*, *B. amyloliquefaciens*) domates fidesi üzerine etkisi incelenmiş *B. subtilis* CKT1 suşunun kök uzunluğunu % 211 arttırdığı tespit edilmiştir. Ahirwar ve ark. (2015), tarafından yapılan çalışmada *P. fluorescens* SS5 suşun domateste kök uzunluğunu arttıran en iyi bakteri olduğu bulunmuştur. *P. fluorescens*'in fosfatı çözdüğü, IAA, HCN ve siderofor ürettiği belirlenmiştir.

Şahin ve ark. (2015), Iğdır'da yaptığı Farklı Bakteri Uygulamalarının Domates (*Solanum lycopersicum* L.) Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri çalışmasında ortalama ana kök uzunluğu, ortalama yan kök uzunluğu, bitki yüksekliği, gövde çapı ve dal sayısı parametreleri incelenmiştir. Bakteri uygulamalarının ele alınan parametreleri gübre ve hiç uygulama yapılmayan kontrol bitkilere kıyasla önemli düzeyde arttırdığı ve en yüksek etkinin *Bacillus* spp. türlerin de olduğu tespit edilmiştir.

Pahari ve Mishra (2017)'nin patlıcan, domates ve bamyada yaptıkları çalışmada 4 farklı bakteri izolatı kullanılarak bütün bakteri uygulamalarının kök uzunluğu, yaprak uzunluğu ve çimlenme oranları kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

3.9. Karpuzda Bitki Boyu

Karpuz bitkisinde steril toprak şartlarında tohum bulaştırma yönteminde ve steril olmayan toprak şartlarında Tablo 29 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 3, 4 ve 7 nolu suşların bitki boyunu (gövde uzunluğu) önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Bu suşlar *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *P. flavescens*, *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tez kapsamında tanımlanmış, gövde uzunluğuna % 100'lik bir artışla en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Yedi numaralı suşu oluşturulan ilk altı bakterinin karışım formülasyonudur ($p < 0,05$). Bu çalışmada 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek bitki boyu 3, 4 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 104,00, 94,33 ve 90,00 cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitki ise 52,67cm olarak ölçülmüştür. Steril olmayan toprak şartlarında ise steril toprak şartlarına yakın değerler ölçülmüştür (Tablo 29 / Şekil 42). Aynı zamanda her üç suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Karpuz bitkisinde fide bulaştırma yönteminin steril toprak şartlarında ve steril olmayan toprak şartlarında Tablo 29 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 3, 4 ve 8 nolu suşların bitki boyunu (gövde uzunluğu) önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 29). Bu suşlar *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *P. flavescens* ve *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801 EUU21X *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tez kapsamında tanımlanmıştır ve % 60'lik bir artışla gövde uzunluğuna en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Üç numaralı suşu en yüksek ortalamalar göstermiştir ($p < 0,05$). Bu çalışmada 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek bitki boyu 3, 7, 8 ve 9 uygulamaları sonrasında sırasıyla 96,33, 90,67 ve 89,33 cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitkisinde ise 53,67 cm olarak ölçülmüştür. Steril olmayan toprak şartlarında ise steril toprak şartlarına yakın değerler ölçülmüştür (Tablo 29). Aynı zamanda her üç suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve

potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

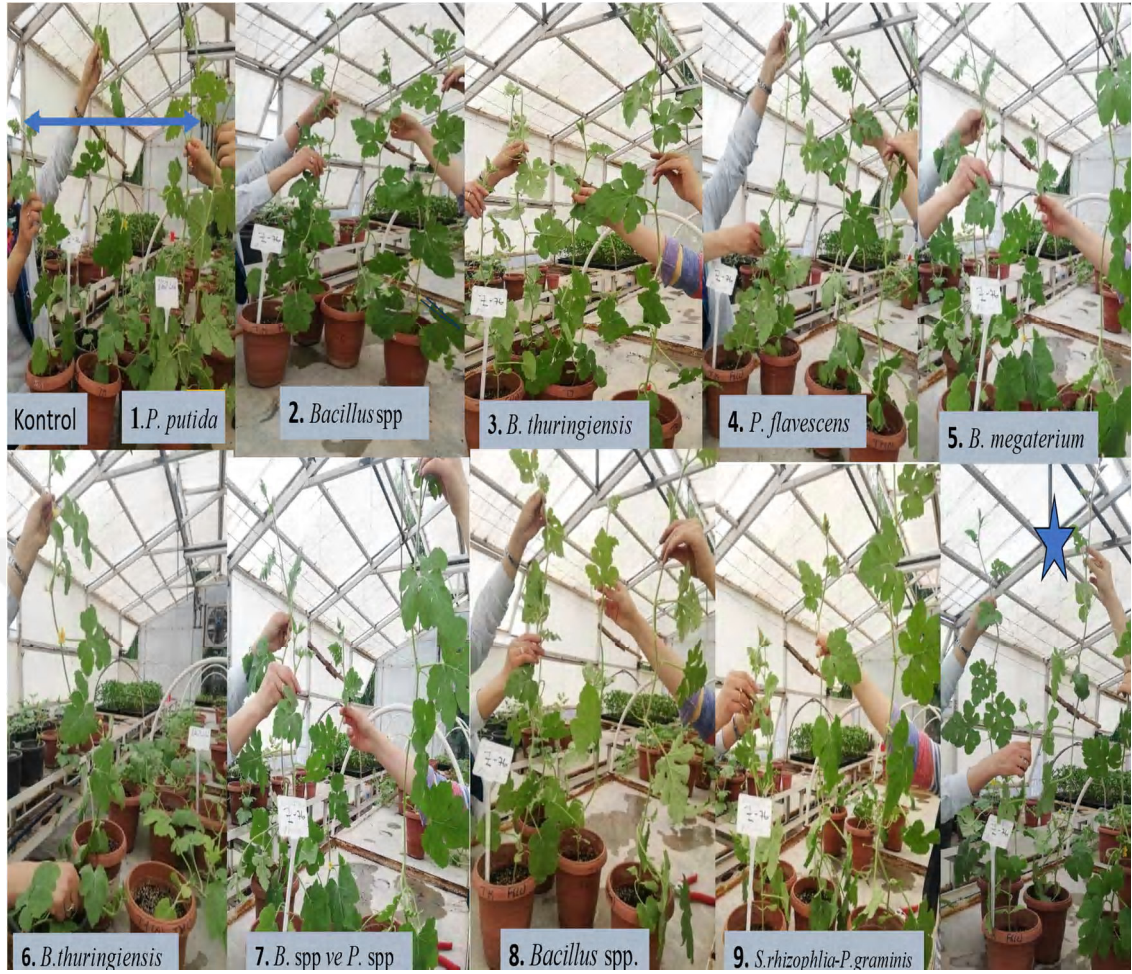
Bitki boyunda Bakteri uygulaması (B) çok önemli bulunmuştur. Bakteri uygulaması / Toprak interaksyonu (B x T) önemli bulunmamıştır. Özellikle steril ve steril olmayan toprakta tohum uygulamasında önemli bulunmuştur. Bakteri (B) uygulamasında bakteriler arasındaki interaksyon çok önemli olmuştur. U x T uygulama ve toprak interaksyonu ise önemli bulunmuştur. B x T x U Bakteri, toprak ve uygulamaların üçlü intreraksyonu önemli bulunmamıştır. Bakteri uygulaması yapılan tohum uygulaması kök yaş / kuru ağırlığında kontrole göre önemli bir fark göstermiş istatistik olarakta çok önemli bulunmuştur (Tablo 29).

Tablo 29. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının bitki boyuna etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(cm)	Fide (cm)	Tohum(cm)	Fide (cm)
1	72,67d	74,33e	73,76d	75,65e
2	86,33bc	85,67cd	87,41bc	86,42cd
3	104,00a	96,33a	106,00a	96,74a
4	99,00b	89,33b	91,20b	88,96bc
5	79,50cd	77,67e	79,65cd	77,75e
6	88,33bc	84,00cd	88,45bc	83,78cd
7	94,33b	88,33bc	94,75b	88,25bc
8	86,67bc	90,67b	87,63bc	90,65b
9	88,67b	87,33bc	88,95b	88.80bc
K	52,67e	53,67f	54,70e	55,79f
CV	5,52	2,9	5,65	3,75
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	öd	*	öd
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

** : P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

*: p<0.05



Şekil 42. Karpuzda tohum uygulaması steril toptakta bitki boyu.

Yapılan bir tez çalışmasında farklı kavun (*Cucumis melo* L.) çeşitlerinde PGPR kullanımının kalite ve verim üzerine etkileri araştırılmış ve çalışmada, PGPR uygulamalarının kavun bitkisinde; yaprak ayası uzunluğunu % 129; ana gövde kalınlığını % 92; yaprak sapı uzunluğunu % 83; bitki başına ortalama meyve verimini % 391; yaprak yaş ağırlığını % 128; yaprak kuru ağırlığını % 129; ortalama meyve ağırlığını % 219; meyve eti kalınlığını % 176; meyve enini % 74; ortalama dal sayısını % 211; meyve boyunu % 92 ve toplam dal uzunluğunu % 132 oranlarına kadar artırdığı aptanmıştır (Türkoğlu, 2019).

Karpuzda farklı bakterilerin kompost türlerinin kullanımı ile yapılan çalışmada tüm büyüme ve verim parametrelerinde ölçülen değerler önemli bulunmuş Ayrıca besin maddesi, ürün büyümesini ve verimini artırmış Ayrıca, ana etkisi organik ve mikrobiyal gübreler olarak incelenen kombinasyonlar tüm parametreler üzerinde anlamlı bulunmuştur (Assunta ve ark., 2020 ; Dube ve ark., 2020).

Karpuz (Ling ve ark., 2014) ve salatalık (Yang ve ark., 2017) için bitki gelişiminde benzer sonuçlar bildirilmiş, temel elementleri sağlama ve bitkiyi iyileştirme konusunda iyi bir potansiyele sahip olabileceği bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2018).

Akhtar ve ark. (2013), yılında yaptığı çalışmalarında bitki boyu anlamlı olarak daha yüksek bulunmuş. *B. megaterium* ve hem tek hem de aşılınmamış kontrollerden daha etkili olduğu saksı ve tarla deneyleri altında benzer bulgular rapor edilmiştir (Abbasi ve ark., 2011).

3.10. Karpuzda Gövde Çapı

Karpuz bitkisinde steril ve steril olmayan toprak şartlarında hem tohum bulaştırma hem de fide bulaştırmada Tablo 30 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 8, 9 ve 5 nolu suşların gövde çapı önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 30). Bu suşlar sırası ile *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *Bacillus megaterium* OL673801 EUU21X *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *S. rhizophila* X *P. graminis* ve *B. megaterium* OL673801 EUU21 türleri olarak tanımlanmıştır ve % 80’lik bir artışla gövde çapına en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Sekiz numaralı suş kontrole göre en yüksek değeri vermiştir. Bu çalışmada da 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek gövde çapı 8, 9 ve 5 uygulamaları sonrasında sırasıyla 0,76 0,73 ve 0,70 cm olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitkisinde ise 0,47 cm olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda her 3 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Yapılan istatistiki analizlere PGPR uygulaması (B) yapılan tohum ve fide bulaştırmada birbirine yakın değerler göstermiş önemli bulunmuştur. Fide ve tohum uygulaması (U) interaksyonu önemli bulunmamıştır. Toprak şartları (T) ise önemli bulunmuştur. B x T interaksyonu ve B x T x U önemli bulunmamıştır (Tablo 30).

Tablo 30. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının gövde çapına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohu(cm)	Fide (cm)	Tohum (cm)	Fide (cm)
1	0,63b	0,63b	0,62b	0,62b
2	0,63b	0,63b	0,63b	0,62b
3	0,66b	0,66b	0,66b	0,65b
4	0,63b	0,63b	0,63b	0,62b
5	0,70a	0,70a	0,70a	0,71a
6	0,63b	0,63b	0,63b	0,62b
7	0,63b	0,63b	0,63b	0,63b
8	0,76a	0,76a	0,76a	0,75a
9	0,73a	0,73a	0,73a	0,72a
K	0,47c	0,46c	0,48c	0,48c
CV	8,91	8,88	8,91	8,75
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	öd	öd	öd	öd
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	öd	öd	öd	öd
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: $p < 0.05$ **: $P < 0.001$ öd: $p > 0.05$ (önemli değil)

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında bitkilere uygulanan PGPR uygulamalarıyla olumlu sonuçlar alındığı görülmüştür PGPR'ların bitkiler üzerindeki etkilerine bakıldığında yaprakların yaşlanması gecikmekte, kök ve ana gövde ağırlığını, verimi artmakta, ve bazı hastalıklara karşı dayanıklılık sağlandığı ortaya çıkmaktadır (Çakmakçı ve ark., 2005; Çakmakçı, 2010b).

Çalışmamızla paralel veriler yine bir *Cucurbitaceae* familyasından olan hıyar (*Cucumis sativus* L.) da Büyümeyi teşvik eden *Bacillus megaterium*- GC alt grubu A MFD-2 kullanılmış bakteriyel bitki besinlerine etkileri, ortalama meyve ağırlığı üzerindeki etkileri, meyve bitki başına düşen sayı, bitki başına düşen meyve ağırlığı, bitki boyu, meyve genişliği ve uzunluğu, toplam çözünür kuru madde de belirlenmiş bakterinin etkileri bitki mineral içeriği üzerine uygulama önemli olarak bulunmuş. Bakteriyel uygulamanın kontrol bitkilere oranla bitki büyümesi üzerindeki büyüme destekleyici etkileri TSS (Toplam çözünür katı) dışındaki parametreler önemli bulunmuş. En yüksek ortalama meyve ağırlığı, bitki başına meyve ağırlığı ve sayısı, bitki boyu diğer PGPR bakterilerinden yüksek ortalama ile *Bacillus megaterium*-GC alt grubu A MFD-2 uygulamasında almışlardır (Dursun ve ark., 2010).

3.11. Karpuzda Yaprak Alanı

Karpuz bitkisinde steril ve steril olmayan toprak şartlarında hem tohum bulaştırma hem de fide bulaştırmada Tablo 31 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 3, 6 ve 7 nolu suşların yaprak alanında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 31). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tanımlanmış, yaklaşık iki katı (%140) bir artışla yaprak alanında en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Üç numaralı suş kontrole göre en yüksek değer verdiğini istatistiki olarak açıklamıştır ($p < 0,001$). Bu çalışmada da 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek yaprak alanı 3, 6 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 557,76, 515,00 ve 495,00 cm² olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitkisinde ise 210,00 cm² olarak ölçülmüştür (Tablo 31 / Şekil 42). Aynı zamanda her 3 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Yapılan istatistiki analizlere PGPR uygulaması (B) yapılan tohum ve fide bulaştırmada birbirine yakın değerler göstermiş çok önemli bulunmuştur. Fide ve tohum uygulaması (U) interaksyonu önemli bulunmuştur. Toprak şartları (T) ise önemli bulunmuştur. U x T uygulama ve toprak şartları önemli bulunmuştur. B x T interaksyonu ve B x T x U önemli bulunmamıştır (Tablo 31).

Tablo 31. Karpuz bitkisi yaprak alanına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(cm ²)	Fide (cm ²)	Tohum (cm ²)	Fide (cm ²)
1	280,00b	267,00c	289,00b	256,00c
2	491,00a	492,00b	490,00a	485,00b
3	557,76a	627,00a	560,5a	630,00a
4	450,00a	493,30b	445,00a	495,7b
5	481,00a	493,00b	487,00a	497,0b
6	515,00a	498,00b	510,00a	499,0b
7	495,00a	499,33b	499,00a	500,1b
8	492,00a	494,50b	495,00a	495,0b
9	453,33a	488,50b	462,41a	487,5b
K	210,00b	267,00c	215,00b	280,00c
CV	6,48	7,79	6,75	8,5
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: $p < 0,05$ **: $P < 0,001$ öd: $p > 0,05$ (önemli değil)

Literatürlerde yapılmış araştırmalar incelendiğinde ise *Bacillus* ve *Pseudomonas* cinsine ait bakteriler hem bitki gelişimini arttırıcı özellikleri hem de biokontrol özellikleri açısından ön plana çıkmakta ayrıca çevre dostu uygulamalar olup günümüzde birçok çalışmada en yaygın olarak göze çarpan bakterilerdir (Kumar ve ark., 2011; Sülü ve ark., 2016).

B. megaterium M-3, *B. subtilis* OSU-142, *P. putida* BA-8 ve *Burkholderia cepacia* OSU-7 izolatlarının tek başına veya kombinasyonlarının vişnede (*Prunus cerasus* cv Kütahya) bitkilerin yaprak alanını arttırdığını gözlemlemişlerdir. İzolat uygulamaları içerisinde en fazla yaprak alanı oluşmasında tek başına OSU-142'nin ve bu bakterinin içerisinde yer aldığı SU-7+ OSU-142 + M-3+ BA-8 kombinasyonunun etkili olduğu anlaşılmıştır (Karakurt ve ark., 2011).

3.12. Karpuzda Yaprak Sayısı

Karpuz bitkisinde steril ve steril olmayan toprak şartlarında hem tohum bulaştırma hemde fide bulaştırmada Tablo 32 incelendiğinde kontrol uygulamasına kıyasla 3, 5 ve 6 nolu suşların yaprak sayısında önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir (Tablo 32). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *Bacillus megaterium* OL673801 EUU21, *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tanımlanmıştır ve yaklaşık iki katı bir artışla yaprak sayısında en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir (Tablo 10). Aynı grupta yer alan suşlar kontrole göre en yüksek değerleri verdiğini istatistiki olarakta açıklanmıştır ($p < 0,001$). Bu çalışmada da 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek yaprak sayısını 3, 5 ve 6 uygulamaları sonrasında sırasıyla 24,67, 24,00 ve 23,67 adet olarak tespit edilmiştir. Kontrol bitkisinde ise 12,33 adet olarak sayılmıştır (Tablo 32 / Şekil 42). Aynı zamanda her 3 suşunda azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Yapılan istatistiki analizlere PGPR uygulaması (B) yapılan tohum ve fide bulaştırmada birbirine yakın değerler göstermiş çok önemli bulunmuştur. Fide ve tohum uygulaması (U) interaksyonu önemli bulunmuştur. Toprak şartları (T) ise önemli bulunmuştur. U x T uygulama ve toprak şartları önemli bulunmuştur. B x T interaksyonu ve B x T x U önemli bulunmamıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının yaprak sayısına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(adet)	Fide (adet)	Tohum (adet)	Fide (adet)
1	17,00c	16,33e	17,00c	16e
2	18,67bc	17,67de	18,50bc	17de
3	23,67a	23,00ab	24,00a	22ab
4	20,67abc	20,33bcd	20,45abc	20bcd
5	24,67a	24,67a	24,75a	2365a
6	24,00a	22,67ab	24,00a	22ba
7	22,33ab	21,67abc	22,60ab	21,45abc
8	20,00abc	18,67cde	20,25abc	18,95cde
9	16,00cd	16,00ef	17,00cd	16ef
K	12,33d	12,67f	12,33d	12,75f
CV	12,98	10,41	11,98	10,89
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*, **p<0.05 **p<0,001, öd: p>0.05 (önemli değil)

Yapılan bir çalışmada ise PGPR uygulamalarının kavun ve karpuz bitkilerinde yaprak yaş ağırlığı artırdığı, bitki büyümesi ve kalitesini iyileştirdiği belirlenmiştir (Kokalis-Burelle ve ark., 2003).

Farklı PGPR ve kompost türleri uygulamalarının, karpuzda uygulandığında, tüm vejetatif büyüme karakterlerini, işlem görmemiş bitkilerle karşılaştırıldığında tüm vejetatif büyüme karakterlerini artırdığı sonucuna varmış Genel olarak kontrol bitkiler, tüm vejetatif büyüme karakterleri için en düşük anlamlı ortalama değerleri göstermiştir. Sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek ortalama değerlerin, 56,423 cm ve 54,867 cm asma boyu karakterlerinin her biri için Compost E uygulamasından kaynaklandığını; her iki lokasyonda da bitki karakteri başına düşen yaprak sayısı sırasıyla 77,23 ve 74,93 adet olarak bulunmuştur Bitki karakteri başına dal sayısı bakımından, Kompost C ve Kompost E kombinasyonları, her iki lokasyonda da en yüksek ortalama değerleri, sırasıyla iki lokasyonda Compost C için 4,67 ve Compost E için 5,67 ve 5,33 vermiştir (Mona, 2020).

3.13. Karpuzda Gövde Yaş- Kuru Ağırlığı

PGPR uygulamalarının karpuz gövde (sürgün) yaş-kuru ağırlığı üzerine etkileriyle ilişkili bulgular Tablo 33 / 34'de görülmektedir. Karpuz bitkisinde steril ve steril olmayan toprak şartlarında hem fide bulaştırma hemde tohum bulaştırma yönteminde 3, 8, 6 ve 2 nolu suşlerin önemli düzeyde gövde (sürgün) yaş-kuru ağırlığı arttırdığı tespit edilmiştir. Bu suşler sırası ile *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801 EUU21X *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *B. megaterium* OL673801 EUU21 ve *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). İki katı bir artışla gövde yaş ağırlığı en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek sürgün yaş ağırlığı 3, 8 ve 6 uygulamaları sonrasında sırasıyla 66,00, 62,00 ve 59,00gr olarak tespit edilmiştir Kontrol bitki ise 35,00 gr olarak tartılmıştır. Sürgün kuru ağırlığı ise yine aynı bakteri suşları 6,53, 5,96 ve 5,82 gr kontrol bitki ise 3,25 gr olmuştur (Tablo 33 / 34 / Şekil 45). Uygulanan farklı bulaştırma yöntemleri ve toprak şekillerinde de benzer sonuçlar alınmıştır. Aynı zamanda her suşinde azot fiksetme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Yapılan istatistiki analizlere PGPR uygulaması (B) yapılan tohum ve fide bulaştırmada birbirine yakın değerler göstermiş çok önemli bulunmuştur. Fide ve tohum uygulaması (U) interaksyonu önemli bulunmuştur. Toprak şartları (T) ise önemli bulunmuştur. U x T uygulama ve toprak şartları önemli bulunmuştur. B x T interaksyonu ve B x T x U önemli bulunmamıştır (Tablo 33 / 34).

Tablo 33. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının gövde yaş ağırlığına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (gr)	Fide (gr)	Tohum (gr)	Fide (gr)
1	43,00d	43,00d	45,00d	45,00d
2	61,00ab	57,00bc	56,00bc	59,00bc
3	70,00a	70,00a	69,00a	70,00a
4	56,00bc	56,00bc	59,00bc	62,00bc
5	59,00ab	59,00abc	60,00abc	58,75abc
6	59,00ab	62,00ab	62,75ab	61,00ab
7	58,00bc	58,00bc	57,99bc	58,00bc
8	66,00ab	66,00ab	68,00ab	69,00ab
9	49,00cd	49,00cd	51,00cd	51,00cd
K	35,00e	35,00e	29,75e	30,00e
CV	6,28	5,75	6,45	5,87
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: *p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Tablo 34. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının gövde kuru ağırlığına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (gr)	Fide (gr)	Tohum (gr)	Fide (gr)
1	5,37b	5,52b	5,15b	6,75a
2	5,52a	5,68b	5,15b	6,45b
3	6,53a	6,6a	6,45a	6,85a
4	4,97b	5,11bc	5,15ab	5,75bc
5	5,56a	5,04bc	4,80abc	5,35bc
6	5,75a	6,02b	5,99b	6,35b
7	5,10b	5,78b	5,25ab	5,81bc
8	5,87a	5,69b	5,27ab	6,93a
9	4,31c	4,40c	4,78c	4,25c
K	2,91d	2,70d	2,87d	2,99d
CV	11,09	8,43	12,07	8,86
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

PGPR uygulamalarının bitki gelişimini ve verimini artırdığına yönelik yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Garcia ve ark., 2003; Karlidağ ve ark., 2007; Dursun ve ark., 2008; Yildirim ve ark., 2008; Ekinci ve ark., 2009; Dursun ve ark., 2010; Misra ve ark., 2010; Yildirim ve ark., 2011; Ibiene ve ark., 2012). Ayrıca tohum ve fidele yapılan PGPR uygulamalarının zararlı mikroorganizmaları kontrol altına alarak stres şartları altındaki fidelerin daha sağlıklı olmasını sağladığı belirtilmektedir (Gül ve ark., 2008).

Nitekim, yapılan bir çalışmada, PGPR uygulamalarının kavun ve karpuz fidelerinde taze ve kuru ağırlığı artırdığı, fide büyümesi ve kalitesini iyileştirdiği belirlenmiştir (Kokalis-Burelle ve ark., 2003). Ayrıca, Turan ve ark. (2014), PGPR'lerin çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, Mg, N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta absisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine yarar sağlayacağı bildirilmiştir (Lucy ve ark., 2004).

3.14. Karpuzda Çiçeklenme Gün Sayısı

Çiçeklenme gün sayısı bakımından 1, 2, 3 ve 6 numaralı bakteriler çiçeklenmede erkencilik sağlamıştır (Tablo 35). Hem tohumdan uygulamada hem de fideye uygulamada bütün uygulamalar kontrol uygulamasından daha erken çiçeklenmiştir. Kontrole göre yaklaşık 10 gün önce çiçeklenme sağlamıştır. Steril olan toprakla steril olmayan toprak arasında fark önemli bulunmamıştır. Tohumu uygulama fideye uygulamadan daha erken çiçeklenmeye sebep olmuştur. Bu bakteri suşları sırası ile *P. putida*, *Bacillus* spp OL674232 EU5, *B. thuringiensis* OL674235 EU14 ve *B. thuringiensis* OL674237 EU743 türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). Şekil 43'de T3 bakteri uygulamasında açmış olan bir dişi çiçek verilmiştir.

Tablo 35. Karpuzda çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı bitkisi çiçeklenme gün sayısı verileri

Bakteri	TOHUM		FİDE	
	Steril	Steril olmayan	Steril	Steril olmayan
1	43	43	45	45
2	43	43	45	45
3	43	43	45	45
4	45	45	48	48
5	46	46	49	49
6	43	43	45	45
7	44	44	46	46
8	45	45	48	48
9	45	45	48	48
K	54	54	55	55



Şekil 43. Karpuzda steril tohum T3 bakteri uygulamasında açmış dişi çiçek.

Yapılan araştırmalarda PGPR'ların birçok bitki türünde, klorofil miktarında artış, bitki boyu ve ağırlığı, erken çimlenme, sürgün dokularının gelişmesi, yaprak alanı,, kök büyümesi, erken çiçeklenme, yaprakta abscisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi, besin içeriğinin dengelenmesi gibi bir dizi mekanizma ile bitki gelişimini pozitif yönde etkileyerek bitki gelişimini arttırdıkları belirtilmiştir (Schippers ve ark., 1987; Guo ve ark., 2004; Kokalis- Burelle ve ark., 2006; Sharafzadeh, 2012; Singh ve ark., 2014; Fan ve ark., 2017).

Fosfor (P), bitki gelişimi ve büyümesi için temel ve önemli bir makro besindir. Bu nedenle, fosfat çözünürlüğü, PGPR' ların en önemli özelliklerinden biridir (Alaylar, 2019; Kucey ve ark., 1989; Kumar ve Narula, 1999; Puente ve ark. 2004; Biswas, 2012). Çiçeklenmenin sağlanmasında önemlidir. Ayrıca, N₂ fiksasyonu, siderofor üretimi, demir ve sentez oksinlerinin, sitokininlerin, giberellinlerin vb. geliştirmede çok önemli rolü olan iyi bilinen PGPR mekanizmasıdır. Çoğu araştırmacı bitki büyüme süreçlerinin farklı aşamalarında PGPR 'ların fitohormon üretimini teşvik etmede anahtar rollere sahip olabileceklerini ortaya koymuşlardır (Asghar ve ark., 2002; Khalid ve ark., 2004).

3.15. Karpuzda Kök yaş-Kuru ağırlık

PGPR uygulamalarının karpuz kök yaş ağırlığı üzerine etkileriyle ilişkili bulgular Tablo 36 / 37'de verilmiştir. Karpuz bitkisinde steril ve steril olmayan toprak şartlarında hem tohum uygulaması hem de fide uygulamasında 3, 6 ve 7 nolu suşların önemli düzeyde kök yaş-kuru ağırlığı arttırdığı tespit edilmiştir (Şekil 44). Bu suşlar sırası ile *B. thuringiensis* OL674235 EU14, *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. türleri olarak tanımlanmıştır (Tablo 10). İki katı bir artışla kök yaş-kuru ağırlığı en iyi etkiyi gösteren bakteri suşları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada da 58 günlük karpuz bitkilerinde en yüksek kök yaş ağırlığı 3, 6 ve 7 uygulamaları sonrasında sırasıyla 23,00 17,00gr olarak tespit edilmiştir Kontrol bitki ise 10,50 gr olarak tartılmıştır kök kuru ağırlığında ise 0,97, 0,96 ve 0,93 gr kontrol bitki ise 0,49 gr olmuştur (Tablo 36 / 37). Aynı zamanda her suşında azot fikse etme, fosfat çözme ve potasyum çözme yeteneklerinin pozitif (+) olduğu yapılan PCR analizleri ile tespit edilmiştir (Tablo 12).

Yapılan istatistiki analizlere göre kök yaş / kuru ağırlığında PGPR uygulaması (B) yapılan tohum ve fide bulaştırmada birbirine yakın değerler göstermiş çok önemli bulunmuştur (Şekil 44). Fide ve tohum uygulaması (U) interaksyonu önemli bulunmuştur. Toprak şartları (T) ise önemli bulunmuştur. U x T uygulama ve toprak şartları önemli bulunmuştur. B x T interaksyonu ve B x T x U önemli bulunmamıştır (Tablo 36 / 37).

Tablo 36. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının kök yaş ağırlığına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(gr)	Fide(gr)	Tohum(gr)	Fide(gr)
1	14,59cd	15,00b	14,65cd	16,05b
2	17,00b	14,44b	17,12b	14,50b
3	23,00a	23,00a	22,96a	24,00a
4	14,00cd	16,00b	14,30cd	18,00b
5	15,00bcd	15,50b	15,75bcd	15,85b
6	17,00b	17,00b	17,25b	17,00b
7	17,00b	18,00ab	17,45b	18,75ab
8	16,67bc	17,00b	16,89bc	16,97b
9	13,33d	14,50b	14,23d	14,65b
K	10,50e	10,83c	10,85e	10,98c
CV	6,97	10,6	7,02	11,5
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

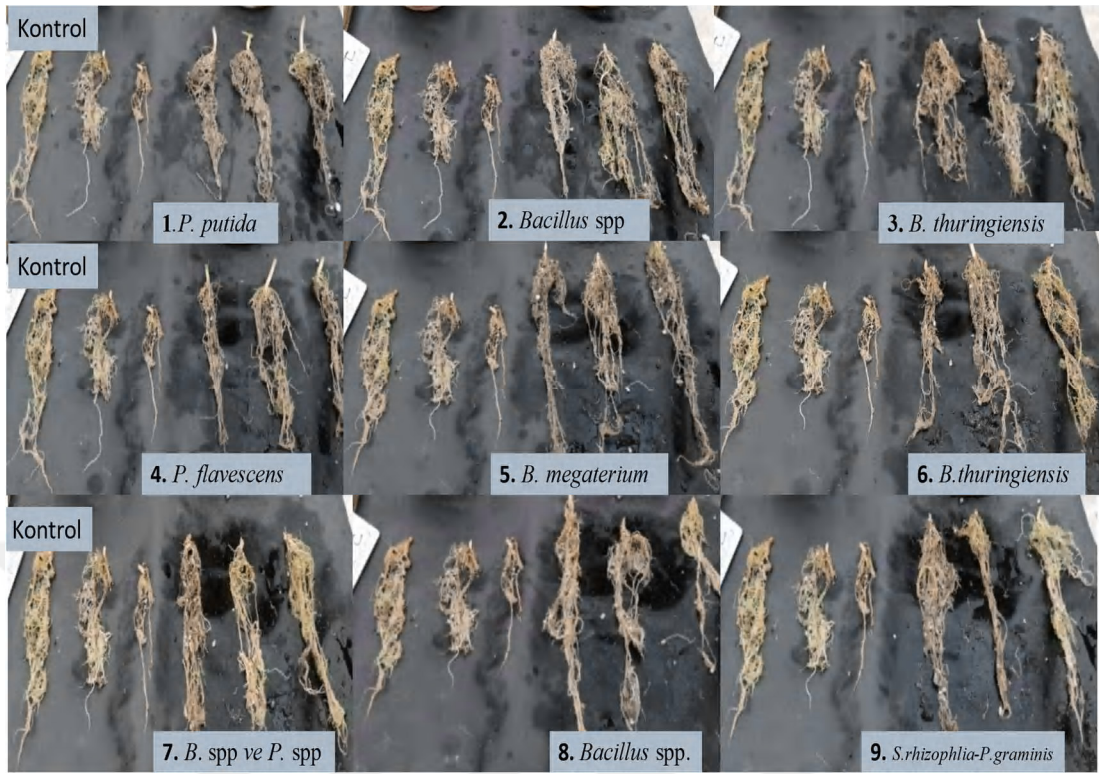
p<0.05 ** : P<0,001 öd:p>0.05 (önemli değil)

*:

Tablo 37. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının kök kuru ağırlığına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (gr)	Fide (gr)	Tohum (gr)	Fide (gr)
1	0,92a	0,92a	0,92a	0,90a
2	0,90a	0,93a	0,93a	0,94a
3	0,96a	0,96a	0,96a	0,96a
4	0,71b	0,71b	0,71b	0,70b
5	0,83b	0,83b	0,83b	0,84b
6	0,97a	0,97a	0,97a	0,98a
7	0,90a	0,97a	0,97a	0,90a
8	0,52c	0,52c	0,52c	0,55c
9	0,52c	0,92a	0,52c	0,54c
K	0,49c	0,49c	0,49c	0,50c
CV	12,17	12,56	12,17	12,45
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 ** : P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)



Şekil 44. Karpuz bitkisinde steril toprakta tohum bakterisi uygulaması.

Yapılan bir çalışmada, (Kokalis-Burelle ve ark. 2002b) benzer olarak, PGPR uygulamalarının domates fidelerinde bitki boyu, gövde çapı, kök boyu gibi parametrelerle bitki gelişimini (Ibiene ve ark. 2012) ve domates ve biberde fide büyümesini artırdığını (Garcia ve ark., 2003) belirtmişlerdir.

Nitekim önceki araştırmalar PGPR uygulamalarının birçok sebze türünde fide gücünü, kök hastalıklarının kontrolünü ve verimini artırdığını göstermektedir (Gagné ve ark 1993; Nemec ve ark., 1996; Kokalis-Burelle ve ark., 2002a, 2002b, 2003, 2006; Kloepper ve ark., 2004; Turan ve ., 2014).

PGPR'ların çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, Mg ve N içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta abisyon tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine yarar sağlayacağı bildirilmiştir (Lucy ve ark., 2004).

Buğday kök bölgesinden izole edilen bakterilerin buğday gelişimine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanan 2018'de Çelikten, tarafından yürütülen bir çalışmada kök

gelişimi üzerine en etkili izolat %70,6 ile *P. pumilis* 10ASO2 izolatı olmuş. Sürgün gelişiminde ise kontrole göre % 108,6 oranında etki ile *Acinetobacter lwoffii* 4ZLF10 izolatı olmuştur. *In vitro* koşullarda PGPR' ların buğday, mısır ve ayçiçeği gibi birçok bitkide tohum çimlenmesi, kök ve sürgün gelişimini arttırdığına dair birçok çalışmada da elde edilen sonuçlar yapılan bu çalışmalar ile paralellik göstermiştir (Gholami ve ark, 2009, Shaukat ve ark, 2006; Shaukat ve ark, 2006). Ayrıca Turan ve ark. (2021), fasulye bitkisinde yaptıkları çalışmalarında IAA'nın genellikle PGPR tarafından çeşitli yollarla üretildiğini ve PGPR tarafından bitki oksin yolunun dolaylı aktivasyonunun da bitki büyümesinde özellikle kök gelişimini teşvik ettiğini belirtmiştir.

3.16. Karpuzda Bitkisinde Toplam Kök Uzunluğu, Toplam Kök Hacmi ve Ortalama Kök Çapı

Karpuz bitkisine ait saptanan değerler Tablo 38/39/40'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi ve ortalama kök çapı değerleri steril ve steril olmayan toprak şartlarında tohum ve fide uygulamasındaki PGPR uygulamaları ile önemli seviyede etkilenmiştir. Toplam kök uzunluğu, kök hacmi ve ortalama kök çapı kontrol bitkilerinden daha yüksek bulunmuştur. PGPR uygulaması yapılan hem steril hem de steril olmayan toprak şartlarında bakteri suşları sırası ile 2, 3 ve 5 numaralı bakteriler olmuştur (Tablo 10). Uygulamada öne çıkan bakteri türleri *Bacillus* sppOL674232 EU5, *B. thuringiensis* OL674235 EU14 ve *B. megaterium* OL673801 EUU21 olmuştur. Steril toprak uygulamasında tohum uygulamasında toplam kök uzunlukları uygulama yapılan bitkilerde 20,86 , 21,22 ve 18,43 m olurken kontrol bitkide 9,11 m olarak ölçülmüştür. Toplam kök hacmi 22,75, 19,03 ve 15,84 cm³ kontrol bitki ise 10,93 cm³ olmuştur. Ortalama kök çapı 5,19, 3,79 ve 2,89 mm kontrol bitki ise 1,97 mm olmuştur. Çalışma kapsamında uygulanan tüm bakteri suşları tüm kök parametrelerinde iki katı artış sağlamıştır. Fide uygulamasında ise steril toprak şartlarında toplam kök uzunlukları uygulama yapılan bitkilerde 22,09 , 21,91 ve 18,52 m olurken kontrol bitkide 9,78 m olarak ölçülmüştür. Toplam kök hacmi 22,96 , 21,59 ve 15,99 cm³ kontrol bitki ise 7,64 cm³ olmuştur. Ortalama kök çapı 5,50, 3,82 ve 3,67 mm kontrol bitki ise 1,97 mm olmuştur.

Steril olmayan toprak şartlarındaki tohum / fide uygulama verileri steril uygulama ile paralel ve yakın sonuçlar göstermiş bakteri suş numaraları aynı kalmıştır (Tablo 38 / Tablo 39 / Tablo 40).

Yapılan istatistiki analizlere göre toplam kök uzunluğu, kök hacmi ve ortalama kök çapı PGPR uygulaması (B) yapılan tohum ve fide bulaştırmada birbirine yakın değerler göstermiş çok önemli bulunmuştur (Şekil 4). Fide ve tohum uygulaması (U) interaksyonu önemli bulunmuştur. Toprak şartları (T) ise önemli bulunmuştur. U x T uygulama ve toprak şartları önemli bulunmuştur. B x T interaksyonu ve B x T x U önemli bulunmamıştır (Tablo 38 / 39 / 40).

Tablo 38. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının toplam kök uzunluğuna etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (m/bitki)	Fide (m/bitki)	Tohum (m/bitki)	Fide (m/bitki)
1	19,0e	19,78g	19,47e	19,89g
2	20,8a	21,91a	22,75a	15,93b
3	21,2a	22,09a	21,09a	22,35a
4	16,71bc	17,04c	16,03bc	18,01c
5	18,43b	18,52b	18,51b	18,62b
6	14,69cd	14,77d	14,58cd	14,80d
7	13,33d	13,81ed	13,43d	13,97de
8	12,29d	12,54ef	12,32d	12,84ef
9	12,20d	12,22f	12,45d	12,45f
K	9,11d	9,78g	9,37d	9,68g
CV	7,34	5,724	7,65	5,69
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Tablo 39. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının toplam kök hacmine etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum (cm ³ / bitki)	Fide (cm ³ / bitki)	Tohum (cm ³ / bitki)	Fide (cm ³ / bitki)
1	17,93e	17,90g	18,10e	17,96e
2	19,00ab	21,59b	20,06ab	21,76ab
3	22,75a	22,96a	23,45a	22,98a
4	11,33de	12,31e	12,12de	12,46de
5	15,84bc	15,99c	15,98bc	16,00bc
6	14,59cd	14,13d	15,76cd	14,22cd
7	18,83e	19,17f	18,97e	19,22e
8	11,45de	11,51e	11,68de	11,64d
9	18,18e	18,31gf	19,00e	18,43e
K	10,93de	7,64g	10,02de	7,68e
CV	13,65	5,43	13,95	5,16
Bakteri (B)	*	*	***	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Tablo 40. Karpuz bitkisinde bakteri uygulamalarının ortalama kök çapına etkisi

Bakteri	Steril toprak		Steril olmayan toprak	
	Tohum(mm)	Fide (mm)	Tohum (mm)	Fide (mm)
1	2,89bc	2,79c	3,00bc	2,80c
2	5,19a	5,50a	5,32a	5,49a
3	3,79ba	3,82b	3,99ba	3,86b
4	2,84bc	2,70c	2,79bc	2,71c
5	2,82bc	2,84c	2,99bc	2,87b
6	2,62bc	3,67b	2,88bc	2,77b
7	2,31bc	2,47c	2,61bc	2,64c
8	2,67bc	3,63b	2,88bc	3,88b
9	2,49bc	2,51c	2,69bc	2,44c
K	1,97c	1,89d	1,99c	1,90d
CV	32,16	30,01	31,41	31,12
Bakteri (B)	**	**	**	**
Uygulama (U)	*	*	*	*
Toprak şekli (T)	*	*	*	*
B X T	öd	öd	öd	öd
U x T	*	*	*	*
B x T x U	öd	öd	öd	öd

*: p<0.05 **: P<0,001 öd: p>0.05 (önemli değil)

Yapılan alışmalar PGPR uygulamalarının bitkilerde lateral kök gelişimini ve saçak kök oluşumunu artırdığı ve bu artışın söz konusu bakterilerin özellikle IAA üretmesinden kaynaklandığını bildirmektedir (Mantelin ve Touraine, 2004). IAA, kök dahil olmak üzere kök hücrelerin uzamasını ve bölünmesini indükler, büyüme ve daha yüksek besin emilimine sahip olan iyi büyüme gösteren bitkiler oluşmasını sağlayan daha büyük kök yüzeyine sahip bitkilerin oluşmasında etkili olur (Patten ve Glick, 2002). *Gluconacetobacter diazotrofikus*, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas* sp., *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella variicola* ve *B. amyloliquefaciens*'in türlerinde IAA üretici olduğu bildirilmiştir (Defez ve ark., 2016; Fuentes-Ramirez ve ark., 1993; İdris ve ark., 2007; Malik ve Sindhu, 2011; Patten ve Glick, 1996).

Lima ve ark. (2020), tarafından bakteri uygulaması yapılan bitkilerin kök uzunluklarının kontrole oranla 2,4 kat arttığı bildirilmiştir.

4 BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonucunda Kayseri, Niğde, Nevşehir ve Sivas illeri yerel topraklarındaki yem bitkilerinden Rizobiyal izolatların genetik çeşitliliği değerlendirilmiştir. İzolatların genetik çeşitliliği DNA analizi, 16S rRNA tür düzeyinde MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry) yöntemi ile belirlenmiştir. Bakteri suşlarından 56 tanesi *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Lysinibacillus*, *Acinetobacter* ve *Enterobacter* türleri olarak tanımlanmıştır. Sanger dizileme ile de genom dizilemesi yapılan türlerden 24 tanesi NCBI'a yüklenmiştir. 16S rDNA bölgelerinin sekans analizi sonuçları gen bankasındaki verilerle %98-100 oranında homoloji göstermiştir. Bu sonuçlar, *B. megaterium*, *Pseudomonas* sp, *B. marisflavi*, *S. rhizophila*, *B. thuringiensis*, *B. cereus*, *B. pumilus* ve *B. subtilis*'in üyesi olarak değerlendirilmiştir. Filogenetik ağaç üçe ayrılmış; biri ağırlıklı olarak *Bacillus* grubunu oluştururken diğerlerini *Pseudomonas* ve *Stenotrophomonas* grubu bakteriler oluşturmuştur. Çalışmada tanımlanan *Bacillus* grubu bakteriler NCBI veri tabanında kayıtlı *Bacillus* suşları ile % 99 üzerinde yüksek benzerlik göstermiştir.

Azot, fosfor, potasyum, IAA, Sdereför ve fitaz genlerini bulunduran PGPR bakteriler PCR analizleri ile ve *in vitro* antagonistik etkinlikleri belirlendi. Bu çalışma kapsamındaki 208 suşdan; Sdereför 26, ACfosfat 31, Fitaz 64, ACC Deaminaz 24 ve IAA ise 90 adet tespit edildi. 144 tanesi en az bir gen ihtiva ettiği tespit edilmiştir.

Gen bulundurma durumları belirlenen yem bitkileri rizosferinde izole edilen iki yöntemle tanımlanan PGPR bakterilerin uygulamasının Domates (*Solanum lycopersicum*) Z-1000 F1 ve karpuz (*Citrullus lanatus*) ERSİN-F1 çeşit sebze fidelerinde büyüme ve gelişme üzerine etkileri araştırıldı. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre hem domates hem de karpuzda bitki boyu ölçümlerinde 3, 4 ve 7

numaralı suşlar, gövde çapında 2, 6 ve 8, yaprak alanında 6, 7 ve 8, yaprak sayısında 3 ve 6, gövde yaş- kuru ağırlığı ve kök yaş-kuru ağırlığı 6, 7 ve 8 numaralı bakteriler ön plana çıkmıştır. Çiçeklenme verileri incelendiğinde domateste 6, 8 ve 9; karpuzda 2, 3 ve 6 numaralı bakteriler erken çiçeklenme sağlamıştır. Kök parametreleri incelendiğinde ise genel olarak tüm PGPR bakteriler köklenmede önemli artışlar sağlamıştır. Uygulama yapılan tüm PGPR bakteriler steril ya da steril olmayan toprak şartlarında fideye ya da tohumla uygulansın bitki gelişiminde önemli farklar göstermiştir. Saksı denemesi sonuçlarına göre *B. thuringiensis* OL674237 EU743, *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas* spp. *Bacillus* spp. OL674234 EU34 X *B. megaterium* OL673801EUU21 X *B. thuringiensis* OL674237 EU743 ve *B. thuringiensis* OL674235 EU14 türleri bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, yaprak alanı, gövde yaş-kuru ağırlığı, kök yaş-kuru ağırlığı, toplam kök uzunluğu, toplam kök hacmi ve ortalama kök çapında ön plana çıkan türler olmuştur.

Çalışmanın verileri incelendiğinde ise genel olarak izole edilen tüm bakterilerin bitki büyüme ve gelişmesinde önemli ve olumlu gelişmeler 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. Etkilerini belirlemek amacıyla çalışmalara devam edilmektedir. Tez çalışmasında kullanılan ve tanımlanan bakteriler bitki gelişim parametreleri incelenerek kökleri, meyvesi, yaprakları ve çiçekleri tüketilen sebze türlerinde ayrı ayrı çalışılarak çalışma daha da spesifik hale getirilebilir.

Çalışmamız kapsamında toplanan toprak örneklerinden izole edilerek tanımlanan *Bacillus* spp ve *Pseudomonas* spp bu konuda en umut verici bakteri grubu olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra başka bakteri ve mikroorganizma grubu üzerinde bilgiler halen çok sınırlı ve piyasaya arz edilmeyi beklemektedir. Doktora tez kapsamında yapılan bu çalışma birçok bakteri türünü araştırılmak üzere PGPR bakteri olarak tespit edilerek tanımlanmış, bitki büyümesinde ve çalışılan tüm parametrelerde önemli artışlar sağladığı ve mikrobiyal gübre olarak kullanıma olanak sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca stok kültürde bulunan bakteri suşlar, biyokontrol ajanı ve küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişikliğinde abiyotik stres faktörlerine dayanım sağlayan mikroorganizmalar olarak kullanım potansiyeli yönüyle de araştırmalarda kullanılabilir.

Mikrobiyal gübreler bitkinin ihtiyaç duyduğu besinlerin topraktan alınmasını sağlayan canlı mikroorganizmaların tarım için hazırlanan ticari formülasyonlardır. Çalışmamızda oluşturulan *Bacillus* spp ve *Pseudomonas* spp formülasyonu da bu bağlamda önemli ve umut vericidir. Mikrobiyal gübrelerin çoğu bitkinin gelişimi ve verimini arttırması, besin maddesi alımının arttırması, topraktan kaynaklanan çeşitli hastalıkların kontrolü ile abiyotik ve biyotik streslere karşı olumlu etkileri vardır. Bitkilerde mikrobiyal gübre kullanarak pestisitlere bağlı dayanıklılık artışına ve gübre kullanımında azalmayı dolaylı olarak teşvik edebilir.

Doğal genetik kaynakların korunması, toprak, su ve bitkisel kaynakların etkin ve verimli kullanımı, çevrenin korunması, toplum sağlığı açısından gıda güvenliği ve son aşamada da gelecek kuşaklara yaşanabilir bir doğa bırakılmasının sağlanması Tarım sektöründe esas amaç olmalıdır.

Tarımda sürdürülebilirliğin sağlanmasında bu anlayışla yaklaşım kimyasal kullanımını azaltarak yerine biyolojik uygulamaların tarım sistemlerinde yer almasında önemli bir avantaj olacaktır. Bitki zararlıları ve hastalıkları ile başa çıkmak için tarım ve bahçe bitkilerinin verimli ve sürdürülebilir üretimi yararlı mikroorganizmaların kullanımı ile sağlayabiliriz. Bu bağlamda, bitki açısından yararlı rizobakteri (PGPR), dünya çapında gıda güvenliği ve çevresel risk konuları nedeniyle sürdürülebilir tarımın oluşturulmasında potansiyel bir araç olarak ortaya çıkabilir.

Yoğun kimyasal girdilerin olduğu sebze tarımında, PGPR uygulamaları güncel ve önemli bir konu olup yeni araştırmalarda öncelikli alanlar arasında yer almıştır. Sebze tarımında PGPR uygulamalarının yetiştiricilere anlatılması, saha denemelerinin yapılarak daha az kimyasal kullanımına teşvik edici yönlendirmeler önemli konulardan bir tanesini oluşturmaktadır. Kurumlar Bitkisel üretim içinde Organik Tarımda mikrobiyal gübrelerinde kullanılmasının yönetmeliklere uygun olduğunu, çiftçilere ve yetiştiricilere bilgilendirme toplantıları ile duyurmalıdır.

Bunun yanı sıra kokteyl bakteri uygulamaları (Bakteri formülasyonları) önemli konu olarak saksı denemelerinde ve olumlu sonuçlarına göre arazi şartlarında etkinlikleri belirlenmelidir. Formülasyonlar oluşturulurken denemeler tekrarlanıp, arazi denemeleri ile de doğrulanmalıdır. Bu sonuçlar etkin platformlarda bitkisel üretimde yaygınlaştırılması için duyurulmalıdır.

PGPR bakterilerin formülasyonu ile oluşturulan organik gübre olarak ülkemizde lisans ve tescili alınan “Mikrobiyal Gübreler” kullanımı ile birim alana atılacak kimyasal gübre miktarı azaltılacağından, çevre ve insan sağlığı açısından önemli katkılar sağlayabilecektir. Aşırı kimyasal gübre kullanımı sonucunda bozulan toprak yapısının düzeltilmesi ve bitki besin element dengesinin yeniden sağlanması bakımından önemli çarpan etkisi olabilecektir

Tüm dünyada yeterli miktar ve kalitede gıda temininin kirlетici tarımla sağlanamayacağı endişesi yaygınlaşmakta ve sonuç olarak günümüzde sağlıklı bir tarım sistemi için PGPR kullanımı ile başarılı sonuçların alınması mümkün olabilecektir

Özellikle yağışın az olduğu İç Anadolu bölgesi gibi toprak organik maddesi yetersiz olan bölgelerde toprağın biyolojik yapısının düzeltilmesi yararlı mikroorganizmalarla zenginleştirilmesi üzerine PGPR bakteri uygulamalarının etkileri araştırılabilir. Kurumların denetiminde kullanımı teşvik edilerek yaygınlaştırılabilir.

Tarım sektöründe kimyasal girdi olarak dışa bağımlılığın azaltılması, kendi genetik kaynaklarımızla mikrobiyal çözümler üretmek sağlıklı çevre, sağlıklı insan ve sağlıklı toprak üçlemesini ülkemize kazandırabilir. Yükseköğretimde elde edilen bu veriler sahaya ve üretime adapte edilerek akademik çerçeveden çıkarılıp tarım sektörüne tekrarlanan arazi denemeleri ile kazandırılabilir.

KAYNAKÇA

- Abd-Alla, M.H., 1994. Solubilization of rock phosphates by and *Bradyrhizobium* and *Bradyrhizobium*. **Folia Microbiologica**, **39**, 53-56.
- Abbasi, S., Chehri, K., Salleh, B., Yli-Mattila, T., 2011. Reddy Molecular characterization of pathogenic *Fusarium* species in cucurbit plants from Kermanshah province, Iran. Saudi Journal of Biological Sciences., King Saud University. 18, 341-351 tryptophan. **Turk J Biol.**, **29**, 29-34.
- Abboodi, A. H., Jobori, K. M. A., Jumaa, M. G., & Sultan, A. J.,2021. Isolation of Multi-Trait Plant Growth-Promoting *Serratia marcescens* and Evaluation of Growth-Promoting Effects on Wheat Plant under Salinity Stress. **Iraqi journal of biotechnology**, **1**(20),29-44.
- Abdel-Monaim MF, Abdel-Gaid MA, El-Morsy MEMA, 2012. Efficacy of rhizobacteria and humic acid for controlling *Fusarium* wilt disease and improvement of plant growth, quantitative and qualitative parameters in tomato. **International Journal of Phytopathology**, **1**(1), 39-48
- Abou-El-Hassan, S., Abdrabbo, M. A. and Desoky, A. H. “Enhancing organic production of cucumber by using plant growth promoting rhizobacteria and compost tea under sandy soil condition” **Research J Agric Bio Sci** **10**:162-169, (2014).
- Ahamd, M., Zeshan, M. S. H. and Nasim, M. “Improving the productivity of cucumber through combined application of organic fertilizers and *Pseudomonas fluorescens*” **Pak J Agri Sci** **52**:1011-1016, (2015).
- Ahemad, M. ve Kibret, M., (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. Journal of King Saud University-Science (Article in Press).
- Ahemad, M., Kibret, M., 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **J. Of King Saud Univ.-Science** **26**:1-20.
- Ahirwar, N. K., Gupta, G., Singh, V., Rawlley, R. K. and Ramana, S., 2015. Influence on growth and fruit yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants by inoculation with *Pseudomonas fluorescence* (SS5): Possible role of plant growth

- promotion. *International Journal Current Microbiology and Applied Sciences*, **4**(2), 720-730.
- Ahmad, F., Ahmad, I., Khan, M.S., 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and *Fluorescent pseudomonas* in the presence and absence of tryptophan. *Turkish Journal of Biology*, **29**, 29-34.
- Ahmad, F., Ahmad I. and Khan, M.S. 2005. Indole acetic acid production by the indigenous isolates of azotobacter and fluorescent pseudomonas in the presence and absence of Akhtar.
- Khan, M. R. I., Most,A., Alim, A., Sharmin, R., Islam,M. A., Anisuzzaman, A. S. M., , Ahmed, M., 2013. Hypoglycemic and Hypolipidemic Effects of Cucumber, White Pumpkin and Ridge Gourd in Alloxan Induced Diabetic Rats. **2 J. Sci. Res.** **5** (1), 161-170.
- Akman, Z., Kara, B., 2001. Ekolojik Tarımda Birlikte Ekim (İntercropping)'in Rolü. *Türkiye İkinci Ekolojik Tarım Sempozyumu*, **375-383s**. Antalya
- Ahn, T., Ka, J., Lee, G., Song, H., 2007. Revegetation of a Lakeside Barren Area by the application of Plant Growth-promoting Rhizobacteria. *The Journal of Microbiology*,**3**.171-174.
- Aipova, R., Abdykadyrova, A., Silayev, D., Tazabekova, E., Oshergina, I., Ten, E., Kurmanbayev, A., 2020, The fabrication of the complex bio-fertilizer for wheat cultivation based on collection bacteria of the PGPR group, *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, **21** (11),36-45
- Ajilogba, C. F., Babalola, O. O. and Ahmad, F., 2013. Antagonistic effects of *Bacillus* species in biocontrol of tomato Fusarium Wilt. *Studies on Ethno-Medicine*, **7**(3): 205-216.
- Akhtar N, Qureshi MA, Iqbal A, Ahmad MJ, Khan KH. 2012. Influence of *Azotobacter* and IAA on symbiotic performance of Rhizobium and yield parameters of lentil. *J. Agric. Res.*, **50**(3): 361-372.
- Akhtar, A., Khan, M. R. I., Most, A., Alim, A., Sharmin, R., Islam,M. A., Anisuzzaman, A. S. M., Ahmed, M., 2013. Hypoglycemic and Hypolipidemic

Effects of *Cucumber*, White Pumpkin and Ridge Gourd in Alloxan Induced **Diabetic Rats. 2 J. Sci. Res. 5** (1), 161-170.

Alaylar, B., Güllüce, M., Karadayı, G., Karadayı, M., 2018. Isolation of pgpr strain with phosphate solubilizing activity from Erzurum and their molecular evaluation by using newly designed specific primer for *pqqB* Gene. **International Journal of Scientific and Engineering Research.**; **9**(5);103-106

Alaylar, B., Güllüce M, Karadayı M, Isaoglu M., 2019. Rapid detection of phosphate-solubilizing bacteria from agricultural areas in Erzurum. **Current Microbiology.**; **76**(7):804-809.

Alaylar, B., Egamberdieva, D., Gulluce, M., Karadayi, M., Arora, N.K., 2020. Integration of molecular tools in microbial phosphate solubilization research in agriculture perspective. **World Journal of Microbiology and Biotechnology.** **36**(93):1-12.

Alawiye, T.T., ve Babalola, O.O., 2019. Bacterial Diversity and Community Structure in **Typical Plant Rhizosphere. Diversity, 11**(10): 179. doi:10.3390/d11100179.

Alavi, P., Starcher, M.R., Zachow, C., Muller, H., Berg, G., 2013. Root-microbesystems: the effect and mode of interaction of stress protecting agent (SPA) *Stenotrophomonas rhizophila* DSM14405(T). **Front. Plant Sci. 4**, 141.

Alexander, D. 2005. Principles and applications of soil microbiology. (D. F. D.M., Dü.): 101-139.

Ali B., Sabri A.N. and Hasnain, S., 2010. Rhizobacterial potential to alter indoleacetic acid content and growth of *Vigna radiata* (L.). **World Journal of Microbiology and Biotechnology, 26**(8): 1379-1384.

Almaghrabi, O.A., Massoud SI, Abdelmoneim TS, 2013. Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions. **Saudi journal of biological sciences, 20**(1), 57-61.

Alpago Ö., 2019. Bitki Gelişimini Uyarıcı Kök Bakterilerinin (PGPR) kıvrıkcık marul (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Yetiştiriciliğine etkisi. Yüksek lisans tezi. Sayfa 54.

- Al-Tammar, F. K. and Khalifa, A. Y. Z., 2022. "Plant growth promoting bacteria drive food security", **Braz. J. Biol.**, **82**, e267257.
- Altın N., Bora T., 2005. Bitki gelişimini uyaran kök bakterilerinin genel özellikleri ve etkileri. **Anadolu, J. of arı** **15** (2) , 87 - 103 Mara.
- Altuntaş, Ö., Kutsal, İK., 2022. The Effects of Some Rhizobacteria Species on Plant Development and Fruit Quality in Melons Grown Under Irrigated and Non-Irrigated Conditions. **Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology**, **10**(sp1): 2765-2771. DOI:<https://doi.org/10.24925>
- Angın, H., ve Dadaşoğlu, E., 2022. PGPR İzolatlarının Bazı Fasulye Genotiplerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **12**(4): 2495- 2505.
- Anhalt, J.P., 1975. Fenselau Identification of bacteria using mass spectrometry. **Anal Chem.** **47**: 219-25.
- Anonim, 2020b. Milli Eğitim Bakanlığı, Erişim Tarihi: 03.07.2020. www.megep.meb.gov.tr.
- Amara, M.A.T. and Dahdoh, M.S.A., 1997. Effect of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and uptake of nutrients by wheat grown on sandy soil. **Egyptian Journal of Soil Science**, **37**(4): 467-484.
- Anzai, Y., Kim, H. Park ,J.Y. , Wakabayashi, H., Oyaizu, H. 2000. Phylogenetic affiliation of the *pseudomonas* based on 16S rRNA sequence. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** **50** pp. 1563-1589.
- Antoun, H., ve Prevost. D., 2005. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: Siddiqui ZA (ed) PGPR: biocontrol and biofertilization. Springer, Netherlands, pp: 1-38.
- Anonymous. 2003a. Plant Hormones-info Auxins <http://www.plant.hormones.info/auxins.htm>.
- Anonymous. 2003b. Plant Hormones- info Ethylene <http://www.plant.hormones.info/ethylene.htm>.
- Ansary, M.H., Rahmani, H.A., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Habibi, D., Mafakheri, S., 2012. Effect of *Pseudomonas fluorescent* on proline and phytohormonal status

- of maize (*Zea mays* L.) under water deficit stress. **Annals of Biological Research**, **3** (2):1054-1062.
- Antil, S., Kumar, R., Pathak, D. V., Kumar, A., Panwar, A., & Kumari, A. 2022. Plant growth-promoting rhizobacteria-Bacillus cereus KMT-5 and *B. megaterium* KMT-8 effectively suppressed *Meloidogyne javanica* infection. **Applied Soil Ecology**, **174**, 104419.
- Antoun, H., 2002. Field and greenhouse trials performed with phosphate-solubilizing bacteria and fungi. In First International meeting on microbial phosphate solubilization. Salamanca, Spain, 16-19.
- Antoun, H. 2003. Field and Green house Trials Performed with Phosphate Solubilizing Bacteria and Fungi
<http://www.webcd.usal.es/web/psm/abstracts/antoun.htm>.
- Arshad, M., and Frankenberger, W.T., 1991. Microbial production of plant hormones. **Plant and Soil**, **133**, 1-8.
- Asghar, H., Zahir, Z., Arshad, M., 2004. Screening rhizobacteria for improving the growth, yield, and oil content of canola (*Brassica napus* L.). **Australian Journal of Agricultural Research**, **55**(2): 187-194.
- Ashraf M, Foolad, MR, 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, **59**: 206-216.
- Ashrafuzzaman, M., Hossen, F. A., Ismail, M. R., Hoque, A., Islam, M. Z., Shahidullah, S. M., Meon, S., 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. **African Journal of Biotechnology**, **8**(7): 1247-1252.
- Asghar H.N., Zahir Z.A., Arshad M. and Khaliq A. 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth promoting activities in *Brassica juncea* L. **Biology and Fertility of Soils**, **35**(4): 231-237.
- Armada, E., Portela, G., Roldán, A., Azcón, R., 2014. Combined use of beneficial soil microorganism and agrowaste residue to cope with plant water limitation under semiarid conditions. **Geoderma** **232**, 640-648.

- Assunta, M.P., Persiani, A., D'Adamo, C., Pergola, M., Pastore, V., Sileo, R., Ippolito, G., Lombardi, M.A., Celano, G., 2020. Composting as Manure Disposal Strategy in Small/Medium-Diameter Livestock Farms: Some Demonstrations with Operative Indications. **Sustainability**, **12**, 3315.
- Aydın, A., 2004. Antioksidanlar. Türk Pediatri Kongresi, İstanbul, 40.
- Aygün, H., 2012. Bazı *Bacillus* izolatlarının 16S rRNA bölgelerinin moleküler ve biyoenformatik karakterizasyonu. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi. 66 sayfa. <https://hdl.handle.net/11468/2064>
- Ateş, F., Karagöz, K., Karagöz, H., Kotan, R., Ateş, B., Kutlu, M. ve Çakmakçı, R. 2011. Bağcılıkta biyolojik gübre olarak kullanılabilecek bitki gelişimini teşvik edici azot fikseri ve fosfat çözücü bakteri izolasyonu". Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kırac Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir, 3, p: 2599-2606.
- Baati, H., Amdouni, R., Gharsallah, N., Sghir, A., Ammar, E. 2010. Isolation and characterization of moderately halophilic bacteria from Tunisian solar saltern. **Curr Microbiol.**, **60**: 157-161.
- Babalola, O. O., Emmanuel, O. C., Adeleke, B. S., Odelade, K. A., Nwachukwu, B. C., Ayiti, O. E. and Adegboyega, T. T., 2021. Rhizosphere microbiome cooperations: strategies for sustainable crop production. **Current Microbiology**, **78**: 1069-1085.
- Babier, Y., 2019. Van gölü havzasından izole edilen endofit bakterilerin karakterizasyonu ve *in vitro* koşullarda bazı bitki patojeni bakterilere karşı antagonistik etkilerinin belirlenmesi. (MSc), Van YYÜ, Fen bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Backer, R., Rokem, J.R., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Subramanian, S., and Smith, D.L., 2018. Plant Growth- Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. **Front Plant Sci.**, **Vol. 9**, p.1473.
- Bhattacharyya, P. N. and Jha, D. K., 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, **28**(4), 1327-1350.

- Barazani, O.Z., Friedman, J., 1999. Is IAA the major root growth factor secreted from plant-growth-mediating bacteria? **Journal of Chemical Ecology**, **25**, 2397- 2406.
- Bal, H.B., Nayak, L., Das, S., Adhya, T.K., 2013. Isolation of ACC deaminase producing PGPR from rice rhizosphere and evaluating their plant growth promoting activity under salt stress. **Plant Soil** **366**, 93-105.
- Banchio, E., Bogino, P., Zygadlo, J., Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. **Biochemical Systematics and Ecology**, **36**(10): 766-771.
- Barassi, C.A., Ayrault, G., Creus, C. M., Sueldo, R. J. and Sobrero, M. T., 2006. Seed inoculation with *Azospirillum mitigates* NaCl effects on lettuce. **Sci. Hortic.** **109**: 8-14.
- Barea, J.M., Jose, P. M., Azcon, R., Azcon-Aguilar, C., 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere, **J. Exper. Botany** **56**: 1761-1778.
- Basak, B.B., Biswas, D.R., 2012. Influence of Potassium Solubilizing Microorganism (*Bacillus mucilaginous*) and Waste Mica on Potassium Uptake Dynamics by Sudan Grass (*Sorghum vulgare* Pers) Grown under Two Alfisols. **Plant Soil** **317** (1-2), 235-255.
- Bashan, Y., 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. **Biotechnology Advances**, **16**:729-770.
- Bayraktar, K., 1970. *Sebze yetiştirme*. 2, Ege Üniversitesi, **Ziraat Fakültesi, Cilt no: 2**, Yayın no: 169.
- Belimov, A.A., Hontzeas, N., Safronova, V.I., Demchinskaya, S.V., Piluzza, G., Bullitta, S., Glick, B.R., 2005. Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). **Soil Biol. Biochem.**, **37**: 241-250.
- Bernabeu, P.R., Pistorio, M., Torres-Tejerizo, G., Estrada-De los Santos, P., Galar, M.L., Boiardi, J.L. and Luna M. F., 2015. Colonization and plant growth-promotion of tomato by *Burkholderia tropical*. **Sci. Hortic.** **191**: 113-120.
- Beshah, A., Muleta, D., Legese, G., Assefa, F., 2024. Exploring stress-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria from groundnut rhizosphere soil in semi-arid

regions of Ethiopia, **Plant Signaling & Behavior**, **19:1**, 2365574, DOI:
10.1080/15592324.2024.2365574

<https://doi.org/10.1080/15592324.2024.2365574>

Bezbaruah, B. ve Saikia, N., 1998. Influence of Metals on Siderophore Production by *Azotobacter chroococcum* RRLJ 203. **Indian J. Exp. Biol.** **36**: 680-687.

Biswas J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B. 2000a. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. **Soil Science Society of America Journal**, **64**(5): 1644-1650.

Biswas, J.C., Ladha, J.K., Dazzo, F.B., Yanni, Y.G. and Rolfe, B.G. 2000b. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, **92**(5): 880-886.

Bremner, J.M., 1965. Chemical and microbiological properties, Methods of soil analysis. Ed. C.A. Black (eds), Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9.

Blaiotta, G., Pepe, O., Mauriello, G., Villani, F., Andolfi, R. and Moschetti, G., 2002. 16S23S rDNA intergenic spacer region polymorphism of *Lactococcus garviae*. *Lactococcus raffinolactis* and *Lactococcus lactis* as revealed by PCR and nucleotide Sequence. Analysis System App.

Bochow, H., Dolej, S., 1999. Mechanisms of tolerance induction in plants by root colonising *Bacillus subtilis* isolates, Modern fungicides and antifungal compounds II. 12th Int. Reinhardsbrunn Symposium, **Friedrichroda, Thuringia, Germany, 1998**, 411-416.

Borsodi, A. K., Makk J., Rusznya'k A., Vajna B., Taba, G., M a'rialigeti, K. 2007. Phenotypic characterization and molecular taxonomic studies on *Bacillus* and related isolates from *Phragmites australis* periphyton. **Aquatic Botany**, **86**: 243-252.

Borsodi, A. K., Makk J., Rusznya'k A., Vajna B., Taba, G., M a'rialigeti, K. 2007. Phenotypic characterization and molecular taxonomic studies on *Bacillus* and related isolates from *Phragmites australis* periphyton. **Aquatic Botany**, **86**: 243-252.

- Castresana, J., 2000. Selection of Conserved Blocks from Multiple Alignments for Their Use in Phylogenetic Analysis. **Molecular Biology and Evolution**.17(4):540-52.
- Chung, Y.C., Su, Y.P., Chen, C.C., Guang, J.I.A., Wang, H.L., Wu, J.G.C., Lin, J.G., 2004. Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta Pharmacol Sin*, Jul; 25 (7): 932-936.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan Ü., Dönmez, M. F., 2007b. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Canpolat, M., Şahin, F., 2005. Sera ve Farklı Tarla Koşullarında Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakterilerin Bitki Gelişimi ve Toprak Özelliklerine Etkisi. In: Sebahattün Albayrak (Editor), *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi* (Proceed-ings of symposium, Antalya, 5-9 September 2005. Department of Field Crops, Agricultural Faculty, Antalya, 45-50.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., Turan, M., Öztaş, T., Güllüce, M., Şahin, F., 2008. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri ve gübre uygulamalarının buğday ve arpa gelişme ve verimi üzerine etkisi. 4. *Ulusal bitki besleme ve gübre kongresi*. (Proceedings of symposium, Konya, 8-10 October 2008. Department of Soil and Plant Nutrient, Agricultural Faculty, Konya, 379-388.
- Çakmakçı, R., Erat M., Oral B., Erdogan U. and Sahin F., 2009. Enzyme activities and growth promotion of spinach by indole-3-acetic acid-producing rhizobacteria. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84 (4), 375-380.
- Chaiharn, M., and Lumyong, S., 2011. Screening and Optimization of Indole- 3-Acetic Acid Production and Phosphate Solubilization from Rhizobacteria Aimed at Improving Plant Growth. *Current Microbiology*, 62(1):173-181.
- Chakraborty U, Chakraborty BN, Chakraborty AP, Dey PL, 2013. Water stres amelioration and plant growth promotion in wheat plants by osmotic stress tolerant bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29.789-803.
- Chakra, P.S., Kumar, P.V., Swamy, C.T., 2019, Isolation and biochemical characterization of plant growth promoting bacteria from a maize crop field, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 4, 1415-1422.

- Chen, L., Dodd, I.C., Theobald, J.C., Belimov, A.A., Davies, W.J., 2013. *Therhizobacterium Variovorax paradoxus* 5C-2, containing ACC deaminase, promotes growth and development of *Arabidopsis thaliana* via anethylene-dependent pathway. *J. Exp. Bot.* 64, 1565-1573.
- Chen, K., H. Neimark, P. Rumore, and C. R. Steinman. 1989. Broad-range DNA probes for detecting and amplifying eubacterial nucleic acids. *FEMS Microbiol. Lett.* 57:19-24.
- Chincholkar, S.B., Rane, M.R., Chaudhari, B.L., 2005, Siderophores their biotechnological applications, In: Podila GK, Varma A (eds) *Biotechnological Applications: Microbes; Microbiology Series*, 177-198.
- Chowhan, L. B., Mir, M. I., Sabra, M. A., El-Habbab, A. A. and Kiran Kumar, B., 2023. "Plant growth promoting and antagonistic traits of bacteria isolated from forest soil samples", *Iran J. Microbiol.*, 15(2), 278.
- Çığ, F., Sönmez, F., Karagöz, K., Erman, M., Çakmakçı, R., Kotan, R. and Amak, Z. 2014. Investigation of the impacts of nitrogen fixing and phosphate dissolving bacteria isolated in Lake Van Basin on the development of Kirik Wheat within the context of sustainable agriculture. *International Congress on Green Infrastructure and Sustainable Societies/Cities*, 8-10 May 2014, Izmir, Turkey, p: 205.
- Clarridge, J. E. 2004. Impact of 16S rRNA Gene Sequence Analysis for Identification of Bacteria on Clinical Microbiology and Infectious Diseases. *Clin Microbiol Rev.* 17(4): 840-862.
- Claydon MA, Davey SN, 1996. Edwards-Jones, Gordon The rapid identification of intact microorganisms using mass spectrometry. **Nat Biotechnol.**;14: 1584-86.
- Ciofu, R., Stan, N., Popescu, V., Chilom, P., Apahidean, S., Horgoş, A., Atanasiu, N., 2003. *Tratat de Legumicultura*. Editura Ceres. Bucureşti, 4.
- Contesto, C., Milesi, S., Mantelin, S., Zancarini, A., Desbrosses, G., Varoquaux, F., Bellini, C., Kowalczyk, M., Touraine, B., 2010. The auxin-signaling pathway isrequired for the lateral root response of *Arabidopsis* to the rhizobacterium *Phyllobacterium brassicacearum*. **Planta** 232, 1455-1470.
- Cordero, I., Balaguer, L., Rincón, A. and Pueyo, J. J., 2018. Inoculation of tomato plants with selected PGPR represents a feasible alternative to chemical

- fertilization under salt stress. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, **181**(5): 694-703.
- Cornelis, P., and Matthijs, S., 2007, *Pseudomonas* Siderophores ve Their Biological Significance, **Soil Biol.**, **12**, 193-203.
- Conto, L.C., Gragnani, M.A.L., Maus, D., Ambiel, H.C.I., Chiu, M.C., Grimaldi, R., Gonçalves, L.A.G. 2011. Characterization of crude watermelon seed oil by two different extractions methods. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, **88**: 1709-1714.
- Cowan, A.K., Cairns, A.L.P., Bartels-Rahm, B., 1999. Regulation of abscisic acid metabolism: towards a metabolic basis for abscisic acid-cytokinin antagonism. **Journal of Experimental Botany**, **50**: 595-603.
- Crowe, J.H., Crowe L.M., 1992. Membrane integrity in anhydrobiotic organisms: toward a mechanism for stabilizing dry. In: Somero GN, Osmond CB, Bolis CL (Eds) Water and life, 1st ed. Springer, Berlin, pp. 87-103.
- Crosa, J.H., ve Walsh, C.T. 2002. Genetics ve assembly line enzymology of siderophore biosynthesis in bacteria. **Microbiol. Mol. Biol. Rev.** **66**: 223-49.
- Cuppels, D., Sahin, F. and Miller, S. A., 1999. Management of bacterial spot of tomato and pepper using a plant resistance activator in combination with microbial biocontrol agents. **Phytopathology**, **89**: 19
- Çakmakçı, R. Ve Erdoğan, Ü., 2005. Organik Tarım. Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu DersYayınları: 2, Ders Kitabı, Ankara.
- Çakmak., I., 1994. Activity of Ascorbate-Dependent H₂O₂ Scavenging Enzymes and Leaf Chlorosis are Enhanced in Magnesium and Potassium Deficient Leaves, But Not in Phosphorus Deficient Leaves. **J. Exp. Bot.**, **45**:1259- 1266.
- Çakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. **Plant Physiol**, **98**: 1222-1226.
- Çelik, Y., 2023. Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) gelişimini, verimini ve kalitesini iyileştirmede bazı rizobakterilerin etkinliklerinin değerlendirilmesi. **Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, **24**, Sayı:1, Sayfa:113-118.

- Çetinkaya, Y., 2007. Domates Bakteriyel Solgunluk Hastalığı Etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis ve ark.)'nin Tanınması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 173s.
- Danish, S., Zafar-ul-Hye, M., Mohsin, F. ve Hussain, M., 2020. ACC-deaminase producing plant growth promoting rhizobacteria and biochar mitigate adverse effects of drought stress on maize growth, *PLoS One*, **15** (4), e0230615.
- Davies P.J. 1995. The plant hormone concept: concentration, sensitivity and transport. In: Davies PJ (ed) Plant hormones: physiology, biochemistry, and molecular biology. Kluwer Academic Publishers, **Dordrecht**, 13-18.
- Decoteau, D.R., 2000. Vegetable Crops. Prentice-Hall Inc. New Jersey, USA. pp.464.
- Değirmenci, L., Kaygusuz, Ö.İ., Cihan Darcan, C., 2023. Organik ve kimyasal gübre olarak kullanım potansiyeline sahip mikroorganizmaların izolasyon ve karakterizasyonu. *Biological Diversity and Conservation*, DOI: **10.46309/biodicon.2023.1226337 17/1; 91-98**
- Deka Boruah, H.P., Dileep Kumar, B.S., 2003. Rhizoctonia wilt suppression of brinjal and plant growth activity by *Bacillus* sp., **Indian Journal of Experimental Biology**, **41**(6), 627-631.
- Deka, H., Deka, S., Baruah, C.K., 2015. Plant growth promoting rhizobacteria for value addition: mechanism of action. In Plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and medicinal plants, **Springer**, **22**, 305-321.
- Delmas, J., Breyse, F., Devulder, G., Flandrois, J.P., Chomarat, M. 2006. Rapid identification of *Enterobacteriaceae* by sequencing DNA gyrase subunit B encoding gene. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, **55**: 263-268.
- Demirkaya, M., Güneş, A., 2022. Effects of Different Effective Microorganism and Nitrogen Fertilization Doses On Seed Yield and Quality of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Plants. **Gesunde Pflanzen**, **74**(1): 125-132.
- Deng, X., Cao, E., Wu, C., Liu, J., Li, Q. 2013. Study on the Effects of 8 suşs on growth promotion and disease resistance of tomato (*Solanum lycopersicum*). **Advanced Materials Research**, **3**, 1042-1045.

- Dere, S. 2021. Kuraklık Stresi Koşullarında Bakteri Uygulamasının Domates Bitkileri Üzerine Etkileri. **Türk Doğa ve Fen Dergisi**. **10**, 1, 52-62. <https://doi.org/10.46810/tdfd.805789>.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y., 2003. Plant Growth-Promoting Effects of Diazotrophs in The Rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, **22** (2), 107-149.
- Donmez, M.F., Ekinici, M., Dursun, A., 2008. Effects of different rhizobacteria on plant development in lettuce (*Lactuca sativa* L.). **In: Proceedings of VII. National vegetable symposium**, **3**, 283-287.
- Dönmez, C., Dönmez, M.F., Temel, I., Çoruh, İ. 2023. Bitki Gelişimini Destekleyici Rizobakteriler ve Kimyasal Gübrelerin Domates Yetiştiriciliğine Etkisi. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty. **DOI: 10.33462/jotaf.1279053**. **jotaf** <http://jotaf.nku.edu.tr>
- Dönmez, C., Dönmez, M. F., Temel, I., Çoruh, İ., 2024. Bitki gelişimini destekleyici rizobakteriler ve kimyasal gübrelerin domates yetiştiriciliğine etkisi. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**, **21**(2): 416-428.
- Dubnau, D., Smith, I., Morell, P., and Marmur, J., 1965. Gene conservation in *Bacillus* species. I. Conserved genetic and nucleic acid base Sequence homologies. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 54:491-498.
- Dube, J., Ddamulirab, G., Maphosaa, M., 2020. Watermelon production in Africa: challenges and opportunities. **International Journal of Vegetable Science**, **DOI: 10.1080/19315260.1716128**.
- Dumas, Y., Dadomo, M., Di Lucca, G. and Grolier, P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **83**(5), 369-382.
- Dursun, A., Ekinici, M., Dönmez, M.F., 2008. Farklı rhizobakterilerin ıspanakta (*Spinacia oleraceae* L.) bitki gelişimi üzerine etkileri. In: Gülay Beşirli and İbrahim Sönmez (Editors), *VII Sebze Tarım Sempozyumu*, (Proceedings of symposium, Yalova, 26-29 August 2008. Atatürk Central Horticultural Research Institute, Yalova, 151-154.

- Dursun, A., Ekinici, M., Dönmez, M.F., 2008. Effects of inoculation bacteria on chemical content, yield and growth in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. sativa). **Asian J. Chem.**, **20**(4): 3197-3202.
- Dursun, A., Ekinici, M., Dönmez, M.F., 2010. Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). **Pakistan J. Bot.**, **42**(5): 3349-3356. vegetable symposium 151-154.
- Dutta S. and Podile A.R., 2010. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. **Critical review in Microbiology**, **36**(3): 232-244.
- Eigner, U., Holfelder, M., Oberdorfer, K., Betz-Wild, U., Bertsch, D., 2009. Performance of a matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry system for the identification of bacterial isolates in the clinical routine laboratory. **Clin Lab.**; **55**: 289-96.
- El-Refai, H.A., AbdelNaby, M.A., Gaballah, El-Araby, A.M., AbdelFattah. A.F., 2005. Improvement of the newly isolated *Bacillus pumilus* FH9 keratinolytic activity. **Process Biochemistry**, **40**: 2325-2332.
- Ekinici, M., Dursun, A., Dönmez, M.F., Eminağaoğlu, H., 2009. Effects of different inoculation bacteria on yield and growth in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). International Rural Development Symposium, İspir-Erzurum, Turkey, 25-27 September, pp.88-91.
- Ekinici, M., Turan, M., Yildirim, E., Güneş, A., Kotan, R. and Dursun, A. 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on growth, nutrient, organic acid, amino acid and hormone content of cauliflower (*Brassica oleracea* l. var. *botrytis*) transplants. **Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus**, **13** (6): 71-85.
- Ekinici, M., Dursun, A., Kotan, R., Karagöz, F.P., Soner, K. and Güneş, A. 2017. Determination of effects of bacteria, mineral fertilizer and their combination on the plant growth of tulip (*Tulipa gesneriana* L.). **Int. J. Sustainable Agricultural Management and Informatics**, **3** (3): 233-253.
- Enders, T.A., Strader, L.C., 2015. Auxin activity: past, present, and future. **Am. J. Bot.** **102**, 180-196.

- Erdal, M., 2005. Bitki gelişimini uyarıcı kök bakterilerinin (PGPR) domatesin gelişmesine ve *Fusarium solani*' ye etkisi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitki Koruma Anabilim Dalı, İzmir.83s.
- Ercişli, S., Eşitken, A., Şahin, F., 2004. Application of exogenous IBA and inoculation with *Agrobacterium rubi* stimulate adventitious root formation among stem cuttings of two rose hip genotypes. **HortScience** **39**:533-534.
- Esringül, A., Kotan, R., Bayram, F., Ekinci, M., Yıldırım, E., Nadaroğlu, H., 2016. Sarımsak yetiştiriciliğinde farklı bakteri biyoformülasyonu uygulamalarının bitki gelişimi parametreleri, verim ve enzim düzeyleri üzerine etkisi. **Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, TARGİD Özel Sayı**: 214-227.
- Eşitken, A., Pırlak, L., Turan, M., and Şahin, F. 2006. Effect of Floral and Foliar Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield, Growth and Nutrition of Sweet Cherry. **Scientia Horticulturae** **110**:324-327.
- Eşiyok, D., Elgin, Ç. Ve Tuncay, Ö., 2004. Ekim Zamanı ve Ticari Organik Gübrelerin Roka Bitkisinin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. V. *Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Özetleri*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, 34.
- Fan X., Zhang S., Mo X., Li Y., Fu Y. and Liu Z., 2017. Effects of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and N Source on Plant Growth and N and P Uptake by Tomato Grown on Calcareous Soils. **Pedosphere**, **27**(6), 1027-1036.
- FAO., 2023. Food and Agriculture Organization, (<https://www.fao.org/faostat/en/#data>).
- Farrag, D. K., Omara, A. A. and El-Said, M. N., 2015. Significance of foliar spray with some growth promoting rhizobacteria and some natural biostimulants on yield and quality of cucumber plant. **Egypt J Hort** **42**:321-333.
- Fatharani, R., Rahayu, Y.S., 2018. Isolation and Characterization of Potassium-Solubilizing Bacteria from Paddy Rhizosphere (*Oryza sativa* L.). **Journal of Physics**, **1108**. 41-49.
- Ferrarezi, J. A., de Almeida Carvalho-Estrada, P., Batista, B. D., Aniceto, R. M., Tschoeke, B. A. P., de Maia Andrade, P. A., de Moura Lopes, B., Bonatelli, M.

- L., Odisi, E. J., & Azevedo, J. L., 2022. Effects of inoculation with plant growthpromoting rhizobacteria from the Brazilian Amazon on the bacterial community associated with maize in field. **Applied Soil Ecology**, **170**, 104297
- Fisher K. and Newton W.E. 2002. Nitrogen fixation, In: Nitrogen Fixation at the Millennium, Leigh, G.J. (eds), Elsevier, 1-27, The Netherlands.
- Fujino A., Ose T., Yao M., Tokiwano T., Honma M., Watanabe N., Tanaka I., 2004. Structural and enzymatic properties of 1- aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase homologue from *Pyrococcus horikoshii*. **J. Mol. Biol.** **341**: 999-1013.
- Frankenberger, W.T.J.R and Arshad, M., 1995. Phytohormones in Soil: Microbial Production and Function, NY, USA: Marcel Dekker Inc. pp. 503.
- Flores-Félix, J.D., Menéndez, E., Rivera, L.P., Marcos-García, M., Martínez-Hidalgo, P., Mateos, P.F., Rivas, R., 2013. Use of *Rhizobium leguminosarum* as a potential biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, **176**(6), 876-882.
- Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M.R., Pernice, R. and DiMatteo, A., 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. **Molecular Nutrition & Food Research**, **51**(5), 609-617.
- Fu, Q., Liu, C., Ding, Y., Lin, Y. and Guo, B., 2010. Ameliorative effects of inoculation with the plant growthpromoting rhizobacterium *Pseudomonas* sp. DW1 on growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings under salt stress. **Agric. Water Manag**, **97**: 1994-2000.
- Fujimoto, D.K., Weller, D.M. ve Thomashow, L.S. 1995. Role of secondary metabolites in root disease suppression. In: Inderjit KMM, Dakshini, Einhellig FA (eds) Allelopathy, organisms, processes and applications. pp. 330-347. ACS. Symposium Series 582, American Chemical Society. Washington, DC.
- Fuentes-Ramirez, L.E., Cabellero, M.J., Sepulveda, J. and Martinez, R.E., 1999. Colonization of sugarcane by *Acetobacter diazotrophicus* is inhibited by high N-fertilization. **FEMS Microbiol Ecol** **29** 117-128.
- Gabriela, F., Casanovas, E.M., Quillehauquy, V., Yommi, A.K., Goni, M.G., Raura, SI., Brassi, C.A., 2015. Azosprilium inoculation effects on growth, product Quality

- and storage life of lettuce Plant grown under salt stres. *Scientis. Sientia Horticul.* **195**, 154-162.
- Gagne S., Dehbi L., LeQuere D., Cayer F., Morin J.L., Lemay R. and Foursneir N., 1993. Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) inoculated into the peat-based growing media. *Soil Biol Biochem*, **25**:269-27.
- Gallo, M., Ferrara, L., Calogero, A., Montesano, D. and Naviglio, D., 2020. Relationships between food and diseases: what to know to ensure food safety. *Food Research International*, **137**: 109414.
- Garcia, L.J.A, Probanza, A., Ramos, B., Manero, F.J.G., 2003. Effects of three plant growth- promoting rhizobacteris on the growth of transplants of tomato and pepper in two different sterilized and nonsterilized peats. *Arch. Agro. and Soil Sci.*, **49**:119-127.
- Garrity, G. M., and J. G. Holt., 2001. The road map to the manual, p. 119-166. *In* G. M. Garrity (ed), *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Springer-Verlag, New York, N.Y.
- Gaur, A.C., And Ostwal, K.P., 1972. Influence of Phosphate Dissolving Bacilli on Yield and Phosphate Uptake of Wheat Crop. *Indian J. Exp. Biol.*, **10**: 393-394.
- Gdoura-Ben Amor M, Siala M, Zayani M, Grosset N, Smaoui S, Messadi-Akrout F.,. 2018. Isolation, Identification, Prevalence, and Genetic Diversity of *Bacillus cereus* Group Bacteria From Different Foodstuffs in Tunisia. *Frontiers in microbiology*. **9**, 447-455,
- Gebhart, S. E., and Thomas, R. G., 2002. Nutritive value of foods. USDA, Agriculture Research Services. *Home and Garden Bulletin*, **72**, 1-95.
- George, T.S, Simpson, R.J, Hadobas, P.A., Richardson, A.E., 2005. Expression of a fungal phytase gene in Nicotiana tabacum improves phosphorus nutrition in plants grown in amended soil. *Plant Biotechnol J* **3**: 129-140.
- Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S., 2009. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Germination, Seedling Growth and Yield of Maize, World Academy of Science, *Engineering and Technology* **49**.36-55.

- Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. **Can J Microbiol.**, **41**, 109-114.
- Glick, B. R., D. M. Penrose, and J. Li. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting rhizobacteria. **J. Theor. Biol.** **190**:63-68.
- Glick, B. R. 2000. Protecting Plants From the Effecte of Ethylene using ACC deaminase- containing Plant Growth Promoting Bacteria. Fifth International PGPR Workshop, 29 October-3 November, 2000, Cordoba-Argentina
- Glick B. R. 2005. ACC deaminase enzimi ile bitki etilen seviyelerinin modülasyonu. **FEMS Microbiol Lett** **251**: 1-7.
- Glick, B.R., 2012, Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. Scientifica (Cairo). pp. 1-15
- Gordon, S. A. & Weber, R. P., 1951. Colorimetric estimation of indoleacetic acid. **Plant Physiol** **26**, 192-195.
- Gómez-Godínez, L. J., Aguirre-Noyola, J. L., Martínez-Romero, E., ArteagaGaribay, R. I., Ireta-Moreno, J., & Ruvalcaba-Gómez, J. M. J. P., 2023. A Look at Plant-Growth-Promoting Bacteria. **12**(8), 1668.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. **Crop Sci.**, **34**:706-714.
- Gök, M., ve Onaç, I. 1995. Değişik *Bradyrhizobium japonicum* İzolatları İle Aşılamanın Farklı Soya Çeşitlerinde Verime, Nodülasyona ve N₂ Fiksasyonuna Etkisi. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, s.s. 237-244.
- Gügi, B., Orange, N., Hellio, F., Burini, J.F., Guillou, C., Leriche, F., Guespin-Michel, J.F., 1991. Effect of growth temperature on several exported enzyme activities in the psychrotrophic bacterium *Pseudomonas fluorescens*. **Journal of Bacteriology**, **173**, 3814-3820.
- Gül, A., Kıdoğlu, F., Tüzel, Y., Tüzel, I.H., 2007. Different treatments for increasing sustainability in soilless culture. **Acta Horticulture**, **747**:595-602.
- Güler, M., 2022. Tarımda Biyolojik Gübre Olarak Kullanılacak Pgpr (Bitki Gelişimini Teşvik Edici Rizobakteriler) Özellikli Bakterilerin Kırşehir İlindeki Topraklardan

- İzolasyonu ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora tezi. Sayfa 273.
- Güneş, A., Ataoğlu, N., Turan, M., Eşitken, A., Ketterings, Q.M. 2009. Effects of phosphatesolubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. **J. Plant Nutr. Soil Sci** **173**: 385-392.
- Güneş, A., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F., Karaman, M.R., 2013. Farklı Bakteri Uygulamalarının Kaya Fosfatının Çözünürlüğü Üzerine Etkisi. **Toprak su Dergisi**. **2**, 1 53-61.
- Güneş, A., Karagöz, K., Turan, M., Kotan, R., Yıldırım, E., Cakmakçı, R. and Şahin, F. 2015. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. **Research Journal of Soil Biology**, **7** (2): 28-45.
- Güvercin, E. 2009. Farklı Yerfıstığı Çeşitlerinde Bakteri Aşılması ve Demir Uygulamasının Nodülasyon ve Verime Etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, s.s. 8-18, Adana.
- Graham P.H. 1988. Principles and **Application of Soil Microbiology**. **40**, 322-345.
- Gray, M.W., Sankoff, D. ve Cedergren, R.J., 1984. On the Evolutionary Descent of Organisms and Organelles: A Global Phylogeny Based on a Highly Conserved Structural Core in Small Subunit **Ribosomal RNA**, *Nucleic Acids Res.*, **12**;14, 5837-5852.
- Grichko, V.P., Glick, B.R., 2001. Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria, **Plant Physiology and Biochemistry**, **39**, 11-17.
- Gururani, M.A, Upadhyaya, C.P., Baskar, V., Venkatesh, J., Nookaraju, A., Park, S.W., 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *Solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS-scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. **Journal of Plant Growth Regulation**, **32**:245-258.
- Guo, J.H., Qi, H.Y., Guo, Y.H., Ge, H.L., Gong, L.Y., Zhang, L.X. and Sun, P.H., 2004. Biocontrol of tomato wilt by plant growth promoting rhizobacteria. **Biological control**. **29**(1), 66-72.

- Gupta, S., Kaushal, R., Sood, G., Dipta, B., Kirti, S. ve Spehia, R., 2019, Water Stress Amelioration and Plant Growth Promotion in Capsicum Plants by Osmotic Stress Tolerant Bacteria, *Int. J. Plant Soil Sci*, **29**, 1-12.
- Gül, A., Kıdoğlu, F., Özaktan, H., 2008. Seçilmiş Kök Bakterilerinin Farklı Substratlarda Baş Salata Yetiştiriciliğine Etkisi, *Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu*, İzmir, 27.
- Gül, A., Kıdoğlu F., Tüzel, Y., Tüzel H.I., 2008. Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. *Spanish J. Agri. Res.*, **6**(3): 422-429.
- Gül, A., Özaktan, H., Kıdoğlu, F. and Tüzel, Y., 2013. Rhizobacteria promoted yield of cucumber plants grown in perlite under Fusarium wilt stress. *Sci Hortic* **153**:22-25.
- Güneş, A., Turan M., Güllüce M., Şahin F., Karaman M.R., 2013. Farklı bakteri uygulamalarının kaya fosfatının çözünürlüğü üzerine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, **2**(1): 53-61.
- Güneş, R., Aşkın, B., 2016. Karpuz Çekirdeği Yağının Kimyasal Özellikleri ve Besin İçeriği. *GIDA/The Journal of Food*, **41** (1): 37-44.
- <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/Karpuz-OCAK-2022PiyasaRaporu.pdf>
- Han, H.S. and Lee K.D. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Res J Agric Biol Sci*, **1**:210-215.
- Harmsen, D., and H. Karch., 2004. 16S rDNA for diagnosing pathogens: a living tree. *ASM News* 70:19-24.
- Hauben, L. Vauterin, L. Moore, E.R. Hoste, B. Swings, J., 1999. Genomic diversity of the genus *Stenotrophomonas*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **49**, pp. 1749-1760.
- Hayden, R.T., Kolbert, C.P., Hopkins, M.K., Persing, D.H. 2001. Characterization of culture-derived spiral bacteria by 16S ribosomal RNA gene sequence analysis. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, **39**: 55-59.
- Heidari, M., Golpayegani, A., 2012. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic

- pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **11**:57-61.
- Helaly, A., Hassan, S., Craker, L., & Mady, E., 2020. Effects of growth-promoting bacteria on growth, yield and nutritional value of collard plants. *Annals of Agricultural Sciences*, **65**(1), 77-82.
- Hill, J.E and Richardson, A.E., 2007. Isolation and assessment of microorganisms that utilize phytate. *Inositol Phosphates: Linking Agriculture and Environment* (Turner BL, Richardson AE & Mullaney EJ, eds), pp. 61-77. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Holland, R.D, Wilkes, J.G, Rafii, F., 1996. Rapid identification of intact whole bacteria based on spectral patterns using matrixassisted laser desorption/ionization with time-of-flight mass spectrometry. *Rapid Commun Mass Spectrom.*; **10**: 1227-32.
- Holzinger, A., Nagendra-Prasad, D., Huys, G. 2011. Plant protection potential and ultrastructure of *Bacillus subtilis* suş 3A25. *Crop Protection*, **30**: 739-74.
- Hu, X., Chen, J., Guo, J., 2006. Two Phosphate-Andpotassium-Solubilizing Bacteria Isolated from Tianmu Mountain, Zhejiang, China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **22**(9), 983-990.
- Huang, X.W., Niu, Q.H., Zhou, W., Zhang, K.Q. 2005. *Bacillus nematocida* sp. nov., a novel bacterial suş with nematotoxic activity isolated from soil in Yunnan, China. *Systematic and Applied Microbiology*, **28**: 323-327.
- Hubbell, D. H., and G. Kidder. 2003. Biological Nitrogen Fixation.
http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_SS180.
- Hill, J.E and Richardson, A.E., 2007. Isolation and assessment of microorganisms that utilize phytate. *Inositol Phosphates: Linking Agriculture and Environment* (Turner BL, Richardson AE & Mullaney EJ, eds), pp. 61-77. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Hussain, M.I., Asghar H.N., Arshad, M. and Shahbaz, M. 2013. Screening of multi-traits rhizobacteria to improve maize growth under axenic conditions. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, **23**(2): 514-520.

- Hultberg, M., Alsanius, B., Sundin, P., 2000, In vivo and in vitro interaction between *Pseudomonas fluorescens* and *Pythium* in the suppression of damping-off in Tomato Seedling, **Biological Control**, **19**, 1-8.
- Ibiene, A.A, Agogbua J.U, Okonko, I.O, Nwachi, G.N. 2012. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biofertilizer: effect on growth of *Lycopersicum esculentus*. **J. American Sci.**, **8**(2): 318-324.
- Igual, J.M., Valverde, A., Cervantes, E., Velázquez, E., 2001. Phosphate-Solubilizing Bacteria as Inoculants for Agriculture: use of Updated Molecular Techniques in their Study. **Agronomie**, **21**(6-7), 561-568.
- Idris AOA, Rahim AMA, Suliman AE, Gottfert M. 2015. Molecular characterization of bacteria isolated from groundnut (*Arachis hypogaea* L.) rootnodules. **Int J L Sci Res.** **3**(1):140-148.
- Isfahani, F.M., Besharati H., 2012. Effect of biofertilizers on yield and yield components of cucumber. **J Biol Earth Sci.** **2**: 83-92.
- İkiz, O., Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Karaçancı, Ş., Tepecik, M., 2022. Effects of *Trichoderma harzianum* Strain on Seedling Quality of Tomato. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, **10**(1): 54-65. DOI:<https://doi.org/10.24925>
- Jilani, G., Akram, A., Ali, R.M., Hafeez, F.Y., Shamsi, I.H., Chaudhry, A.N., Chaudhry, A.G., 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizosphere microflora through organic and biofertilizers. **Annals Microbiology**, **57**, 177-183.
- Jorquera, M., Martínez, O., Maruyama, F., Marschner P & Mora, M.L. 2008b. Current and future biotechnological applications of bacterial phytases and phytase-producing bacteria. **Microb Environ** **23**: 182-191.
- Jorquera, M.A, Hernández, M.T, Rengel Z, Marschner, P. and Mora M.L. 2008a. Isolation of culturable phosphobacteria with both phytate-mineralization and phosphate-solubilization activity from the rhizosphere of plants grown in a volcanic soil. **Biol Fert Soils** **44**: 1025-1034.

- Johnson, J.T., Lennox, J.A., Ujong, U.P., Odey, M.O., Fila, W.O., Edem, P.N., Dasofunjo, K., 2013. Comparative vitamins content of pulp, seed and rind of fresh and dried watermelon (*Citrullus lanatus*). **International Journal of Science and Technology**, **2**(1): 99-103.
- Kacar, B. and İnal A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel 63 No: 1241.
- Kaneko, T., R. Nozaki, and K. Aizawa. 1978. Deoxyribonucleic acid relatedness between *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis*. **Microbiol. Immunol.** **22**: 639-641.
- Kalia, V. C., Mukherjee, TBhushan, A., Joshi, J., Shankar, P., Huma, N. 2011. Analysis of the unexplored features of rrs (16SrDNA) of the genus *Clostridium*. **BMC. Genomics**.12:18.
- Kang, S. M., Khan, A. L., Waqas, M., You, H. Y., Kim, J., Kim, J., Hamayun, M. and Lee, I., 2014. "Plant growth-promoting rhizobacteria reduce adverse effects of salinity and osmotic stress by regulating phytohormones and antioxidants in *Cucumis sativus*" **J Plant Int** **9**:673-682.
- Karaçal, İ. ve Tüfenkçi, Ş., 2010. Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi. *VII Teknik Kongre*, syf:257-268.
- Karagöz K., 2009. Bazı PGPR ve biyoajan bakterilerden marulun gelişimi ve marul yaprak leke hastalığı üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Erzurum. Yüksek lisans tezi. 95 sayfa.
- Karagöz, K., Kotan, R., 2010. Bitki gelişimini teşvik eden bazı bakterilerin marulun gelişimi ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı üzerine etkileri. **Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi**, **1**(2), 165-179.
- Karagöz, K., Ateş, F., Karagöz, H., Kotan, R. and Çakmakçı, R. 2012. Characterization of plant growthpromoting traits of bacteria isolated from the rhizosphere of grapevine grown in alkaline and acidic soils. **European Journal of Soil Biology**, **50**: 144-150.
- Karagöz, F.P., Dursun, A., Kotan, R., Ekinci, M., Yıldırım, E. and Mohammadi, P. 2016. Assessment of the effects of some bacterial isolates and hormones on corm formation and some plant properties in saffron (*Crocus sativus* L.). **Journal of Agricultural Science**, **22**: 500-511.

- Karakurt, H., Kotan, R., Aslantas, R., Dadaşoğlu F., and Karagöz, K. 2010. Inoculation effects of *Pantoea agglomerans* strains on growth and chemical composition of Plum. **Journal of Plant Nutrition**, **33** (13): 1998- 2009.
- Karakurt, H., Kotan, R., Dadaşoğlu, F., Aslantaş, R., Şahin, F., 2011. Effects of Plant growth promoting rhizobacteria on fruit set, pomological and chemical characteristics, color values, and vegetative growth of sour cherry (*Prunus cerasus* cv. Kütahya). **Turk J Biol**, **35**: 283-291.
- Karlıdağ H, Eşitken A, Turan M, Şahin F., 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. **Sci. Hort.**, **114**:16-20.
- Kayseri Valiliği, 2024. <http://www.kayseri.gov.tr/cografi-yapisi>. Erişim tarihi:15.10.2024.
- Karthikeyan B, Joe M.M, Jaleel C.A, Deiveekasundaram M., 2010. Effect of root inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on plant growth, alkaloid content and nutrient control of *Catharanthus roseus* (L.), **G. Don. Nat. Croat.**, **19** (1), 205-212.
- Kesaulya H, Baharuddin B, Zakaria B, and Syaiful S.A., 2014. Isolation and physiological characterization of PGPR from potato plant rhizosphere in medium land of Buru Island. First International Symposium on Food and Agro-biodiversity, ISFA 2014. Semarang: Elsevier; p. 190-199.
- Keshavarz Zarjani, J., Aliasgharzad, N., Oustan, S., Emadi, M., Ahmadi, A., 2013. Isolation and Characterization of Potassium Solubilizing Bacteria in Some Iranian Soils. **Archives of Agronomy and Soil Science**. **59**(12), 1713-1723.
- Khan, K.S., Joergensen, R.G., 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. **Bioresource Technology**, **100**, 303-309.
- Khalid, A., Arshad, M., Zahir, Z.A., 2004. Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. **J. Appl. Microbiol.** **96**,473-480.

- Khalid, M., Hassani, D., Bilal, M., Liao, J. and Huang, D., 2017. Elevation of secondary metabolites synthesis in *Brassica campestris* ssp. *chinensis* L. via exogenous inoculation of *Piriformospora indica* with appropriate fertilizer. **PLOS ONE**, **12**(5): e0177185.
- Kıdoğlu, F., Gül, A., Tüzel, Y., 2007. Baş salata fidelerinin gelişimine kök bakterilerinin etkileri, *Türkiye 5. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, Erzurum. 2,1-5.
- Kıdoğlu, F., Gül, A., Ozaktan, H. and Tüzel, Y., 2007. “Effect of rhizobacteria on plant growth of different vegetables” ISHS Acta Horticulturae 801: International Symposium on High Technology for Greenhouse System Management: Greensys.
- Kıdoğlu F, Gül A, Özaktan H, Tüzel Y., 2008. Toprak-sız ortamda yetiştirilen biber bitkilerinin gelişimine kök bakterilerinin etkileri. In: Gülay Beşirli and İb-rahim Sönmez (Editors), *VII Sebze Tarım Sempozyumu*, (Proceedings of symposium, Yalova, 26-29 August 2008. **Atatürk Central Horticultural Research Institute, Yalova**, 3, 155-159.
- Kızıloğlu, T. 1989. Değişik Dozlardaki Nitrojenli Gübrelemenin ve *Rhizobium japonicum* kültürleri ile aşılamanın Erzurum Tarla Koşullarında Bazı Soya Çeşitlerinin Ürün Verimi, Protein ve Yağ İçeriğine Etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, s.s. 2-19, Erzurum.
- Kim, K. Y., Jordan, D. and McDonald G. A., 1998. Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular- arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. **Biol. Ferti. Soil.** **26**: 79-87.
- Ki, J.S., Zhang, W., Qian, P.Y. 2009. Discovery of marine *Bacillus* species by 16S rRNA and rpoB comparisons and their usefulness for species identification. **Journal of Microbiological Methods**, **77**: 48-57.
- Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. **Mol. Evol.** **16**:111-120.
- Kohler, J., Hernández, J.A., Fuensanta Caravaca, F., Roldán, A., 2008. Plant-growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water stressed plants. **Functional Plant Biology: FPB**, **35**: 141-151.

- Kokalis-Burelle, N., Kloepper, J. W. and Reddy, M. S., 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. *Applied Soil Ecology*, **31**(1-2), 91-100.
- Kokalis-Burelle, N., Martinez-Ochoa, N., Rodríguez-Kabana R, Kloepper, J.W., 2002a. Development of multi-component transplant mixes for suppression of *Meloidogyne incognita* on tomato (*Lycopersicon esculentum*), *J. Nematol.*, **34**: 362-369.
- Kokalis-Burelle, N., Vavrina, C.S., Rosskopf, E.N., Shelby, R.A., 2002b. Field evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida, *Plant Soil*, **238**: 257-266.
- Kokalis-Burelle, N., Vavrina, C.S., Reddy, M.S., Kloepper, J.W., 2003. Amendment of muskmelon and watermelon transplant media with plant growth-promoting rhizobacteria: effects on disease and nematode resistance, *HortTechnology*, **13**: 476-482.
- Kokalis-Burelle, N., 2003. Effects of transplant type and soil fumigant on growth and yield of strawberry in Florida, *Plant Soil*, **256**: 273-280.
- Kokalis-Burelle, N., Kloepper, J.W., Reddy, M.S., 2006. Plant growthpromoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms, *Applied Soil Ecology*, **31**: 91-100.
- Kloepper, J.W., Leong J., Teintze, M., and Scrotch, M.N., 1980. Enhanced Plant growth by siderophores produced by Plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature* **286**, 885-886.
- Kloepper, J.W., Ryu, C.M, Zhang, S., 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology*, **94**(11): 1259-1266.
- Kokalis-Burelle, N., Kloepper, J.W., Reddy, M.S., 2006. Plant growthpromoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms, *Applied Soil Ecology*, **31**: 91-100.
- Kokalis-Burelle, N., Vavrina, C. S., Reddy, M. S., Kloepper, J. W. 2003. Amendment of muskmelon and watermelon transplant media with plant growth-promoting

- rhizobacteria: Effects on seedling quality, disease, and nematode resistance. *HortTechnology*, 13(3): 476-482.
- Konietzny, U., and Greiner, R., 2002. Molecular and catalytic properties of phytate-degrading enzymes (phytases). *Int J Food Sci. Tech* 37: 725-848.
- Kotan, R., 2014. Faydalı Bakterilerin Tarımda Kullanımı. *Harman Time*, 11, 44-48.
- Kotan, R., and Tozlu, E., 2021. Bazı pestisitlerin faydalı bakteriler ve patojen bakteriler üzerine bakterisidal etkilerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 197-212.
- Küsek, M., 2007. Asmada (*Vitis vinifera* L.) ura neden olan *Agrobacterium vitis*'in tanılanması ve mücadele olanaklarının araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Kravchenko, L.V., Borovkov, A.V., and Pshikvil, Z., 1991. The possibility of indole acetic acid biosynthesis in wheat rhizosphere by associated nitrogen- fixing bacteria. *Mikrobiologiya*, 60(5): 927-931.
- Kucey, R.M.N., 1983. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta Soil. *Can. J. Soil Sci* 63: 671-678.
- Kucey, R.M.N., Janzen, H.H. and Legett, M.E. 1989. Microbially mediated increases in plant available phosphorus. *Advances in Agronomy*, 42: 199-228.
- Kloepper, J.W., Lıfshitz, K. And Schroth, M.N., 1988. *Pseudomonas* Inoculants to Benefit Plant Production. *ISI Atlas Sci. Anim. Plant Sci.*, 1 (1): 60-64.
- Krawczyk, K., Szabelska-Beresewicz, A., Przemieniecki, S. W., Szymanczyk, M., & Obrepalska-Stepłowska, A., 2022. Insect Gut Bacteria Promoting the Growth of Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 23(21), 13548. doi:10.3390/ijms232113548
- Kumar Verma, D., Pandey, A., Mohapatra, B., Srivastava, S., 2019. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): An Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture and Improved Crop Production, In book: *Microbiology for Sustainable Agriculture, Soil Health and Environmental Protection*, Publisher: Apple Academic Press. pp: 3-80.

- Kumar, V., and Narula, N., 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum*. **Biol. Fert. Soils**, **28**, 301-305.
- Kumar, A., Prakash, A. and Johri B.N., 2011. *Bacillus* as PGPR. Bacteria in Agrobiology: Crop Ecosystems, DOI 10.1007/978-3-642-18357-7_2.
- Kumar A, Maurya BR, Raghuwanshi R, 2014. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, **3**(4), 121-128
- Kutman B. Y. 2020. ABA Yayınları.Tarımsal Biyoteknoloji. 3. Bölüm., Sayfa 80. www.abayayin.com.
- Lakshmanan, V., Castaneda, R., Rudrappa, T., Bais, H.P., 2013. Root transcriptome analysis of *Arabidopsis thaliana* exposed to beneficial *Bacillus subtilis* FB17 rhizobacteria revealed genes for bacterial recruitment and plant defense independent of malate efflux. **Planta** **238**, 657-668.
- Lal, D., Verma, M., And Lal, R., 2011. Exploring internal features of 16S rRNA gene for identification of clinically relevant species of the genus streptococcus. *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.* **10**:28.
- Lara, C., Sanes, S. C. Y. and Oviedo, L. E., 2013. "Impact of native phosphate solubilizing bacteria on the growth and development of radish (*Raphanus sativus* L.) plants" **Biotechnol appl.** **30**: 276-279.
- Lee, E. J., Hwang, K. Y., Lee, H.-S. & Chung, N., 2011. Characterization of a new *Streptomyces* sp. A1022 as a potential biocontrol agent. **J Korean Soc Appl Biol Chem** **54**, 488-493.
- Leong, J., 1986. Siderophores: Their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, **24**, 187-209.
- Lima, A. C. P., Medici, L. O., da Silva Ballesteiro, D. A. G., & de Assis Lima, E., 2020. Root growth in tomato seedlings in response to bacterial inoculation *Serratia* sp. Research, **Society Development**, **9**(7), e89973634-e89973634.

- Liu K., Kloepper J.W., Melnroy J.A. and Hu C.H. 2011. Selecting mixtures of PGPR for biological control of multiple plant diseases. Proceedings of the 2nd Asian PGPR Conference, Beijing, China, pp:416-422.
- Lilburn, G. Garrity, G.M., Bell, J.A. 2004. Taxonomic outline of the prokaryotes. Bergey's manual of systematic Bacteriology. Second edition DOI:10.1007/bergeysoutline200405.
- Ling, N., Deng, K., Song, Y., Wu, Y., Zhao, J., Raza, W., 2014. Variation of rhizosphere bacterial community in watermelon continuous mono-cropping soil by long-term application of a novel bio-organic fertilizer. *Micro.biol.Res.* 169:(7±8):570±8. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.10.004> PMID:24263158.
- Liu, Y., Du, J., Lai, Q., Zeng, R., Ye, D., Xu, J., et al. 2017. Proposal of nine novel species of the *Bacillus cereus* group. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**. 67(8):2499-508.
- Liu, D., Lian, B., Dong, H., 2012. Isolation of *Paenibacillus* sp. and Assessment of its Potential for Enhancing Mineral Weathering. **Geomicrobiology Journal**, 29(5), 413-421.
- Lokesh, S., Bharath, B. G., Raghavendra, V. B. and Govindappa, M. 2007. Importance of plant growth promoting rhizobacteria in enhancing the seed germination and growth of watermelon attacked by fungal pathogens. **Acta Agronomica Hungarica** 55:243-249,
- Lopez, B.R., Bashan, Y., Bacilio, M., 2011. Endophytic Bacteria of Mammillaria Fraileana, an Endemic Rock-Colonizing Cactus of the Southern Sonoran Desert. **Arch Microbiol**, 193(7), 527-541.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. **Antonie van leeuwenhoek**, 86(1): 1-25.
- Ludwing, W., Strunk, O., Klugbauer, N., Weizenegger, M., Neumaier, J., Bachleitner, M., Schleifer, K.H. 1998. Bacterial phylogeny based on comparative sequence analysis. 19:554-568. <https://doi.org/10.1002/elps.1150190416>

- Lucas Garcia, J. A., Probanza, A., Ramos, B., Ruiz Palomino, M. and Maneero Gutierrez, F. J., 2004. Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper. *Agronomie*, **24**(4), 169-176
- Lung S-C, ChanW-L, YipW, Wang L, Yeung EC & Lim B.L., 2005. Secretion of beta-propeller phytase from tobacco and Arabidopsis roots enhances phosphorus utilisation. *Plant Sci* **169**: 341-349.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. 2010. Brock of microorganism. Pearson Ed. Inc., pp 309- 328, U.S.A.
- Maheshwari, D., 2011. Use of Plant growth promoting rhizobacteria in horticultural crops Chap. 8. Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems. Springer Heidelberg Dordrecht London New York. 438.
- Maina, C.C., Shivaprakash, M.K., Devi, T.S, 2013. Establishment of Tomato Seedlings Raised in the Substrate Enriched Consortia of Biocontrol Agents and PGPRs. *Editorial Committee*, **47**(1), 6-10.
- Majeed, A., Muhammad, Z., Ahmad, H., 2018. Plant growth promoting bacteria: role in soil improvement, abiotic and biotic stress management of crops, *Plant Cell Reports*. **37**:1599-1609. doi: <https://doi.org/10.1007/s00299-018-2341-2>.
- Malik, D.K., Sindhu, S. S., 2011. Production of indole acetic acid by *Pseudomonas* sp.: effect of coinoculation with *Mesorhizobium* sp. Cicer on nodulation and plant growth of chickpea (*Cicer arietinum*). *Physiol Mol Biol Plants* (January-March **17**(1):25-32, DOI 10.1007/s12298-010-0041-7
- Mandal, S.M., Mondal, K.C., Dey, S., Pati, B.R., 2007. Optimization of cultural and nutritional conditions for indol-3-acetic acid (IAA) production by a *Rhizobium* sp. isolated from root nodules of *Vigna mungo* (L) hepper. *Research Journal of Microbiology*, **2**, 239-246.
- Mangmang, J., Deaker, R. and Rogers, 2014. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on seed germination characteristics of tomato and lettuce. *J Trop Crop Sci*. **1**: 35-40 G.
- Márquez, M.C., Carrasco, I.J., Haba, R.R., Jones, B.E., Grant, W.D., Ventosa, A. 2011. *Bacillus locisalis* sp. nov., a new haloalkaliphilic species from hypersaline and

- alkaline lakes of China, Kenya and Tanzania. **Systematic and Applied Microbiology**, **34**: 424- 428.
- Mason-D'croz, D., Bogard, J. R., Sulser, T. B., Cenacchi, N., Dunston, S., Herrero, M. and Wiebe, K., 2019. Gaps between fruit and vegetable production, demand, and recommended consumption at global and national levels: an integrated modelling study. **The Lancet Planetary Health**, **3**(7): e318-e329.
- Maugeri, T.L., Gugliandolo, C., Caccamo, D., Stackebrandt, E. 2001. A Polyphasic taxonomic study of thermophilic Bacilli from shallow, marine vents. **System. Appl. Microbiol.**, **24**: 572-587.
- McSpadden Gardener, B.B., 2004. Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in agricultural systems. **Phytopathology** **94**:1252-1258.
- Mena-Violante, H. G., Olalde-Portugal V., 2007, Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) *Bacillus subtilis* BEB-13bs, Scientia Horticultura, 113:103-106.
- Miransari, M., 2013. Soil microbes and availability of soil nutrients. **Acta Physiol Plant** **35**:3075-3084.
- Mishra, B.K., Sharma, A., Aishwath, OP, Sharma, Y.K., Krishna Kant, Vishal, M. K., Saxena, S.N. and Ranjan, J.K. 2013. Microbiological profile of coriander (*Coriandrum sativum* L.) crop rhizosphere in Rajasthan and screening for indole acetic acid producing rhizobacteria. **International Journal of Seed Spices**, **3**(2): 59-64.
- Mehnaz, S., Mirza, M.S., Haurat, J., Bally, R., Normand, P., Bano, A., Malik, K.A., 2001. Isolation and 16S rRNA sequence analysis of the beneficial bacteria from the rhizosphere of rice, **Can. J. Microbiol**, **47**, 110-117.
- Mehnaz, S., Baig, D.N., Lazarovits, G., 2010. Genetic and phenotypic diversity of plant growth promoting rhizobacteria isolated from sugarcane plants growing in Pakistan,
- Mena-Violante, H. G., Ocampo-Jiménez, O., Dendooven, L., Martínez-Soto, G., González-Castañeda, J., Davies, F. T., & Olalde-Portugal, V. 2006. *Arbuscular mycorrhizal fungi* enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum*

- annuum* L. cv San Luis) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*, 16(4), 261-267. J. **Microbiol. Biotechnol**, **20**, 1614-1623.
- Mena-Violante, H. G., Olalde-Portugal, V., 2007. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. **Scientia Horticulturae**, **113**(1): 103-106
- Malkoclu, M.C., Tüzel, Y., Öztekin, G.B., Özaktan, H., Yolageldi, L., 2016. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on organic lettuce production. *In* **3 International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture 1164**, 265-272.
- Mangmang, J. S., Deaker, R., Rogers, G., 2016. Inoculation effect of *Azospirillum brasilense* on basil grown under aquaponics production system. **Organic agriculture**, **6**(1), 65-74.
- Mantelin, S., Touraine, B., 2004. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake, **Journal of Experimental Botany**, **55** (394): 27-34.
- Martens, D.A. and Frankenberger, W.T.Jr. 1994. Assimilation of exogenous 2-¹⁴C-indole acetic acid and 3-¹⁴C-tryptophan exposed to the roots of three wheat varieties. **Plant and Soil**, **166**(2): 281-290.
- Marcinska, I., Czyczyło-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M.T., Janowiak, F., Hura ,T., Dziurka, M., Dziurka, K., Nowakowska, A., Quarrie, S.A., 2013. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Actaphysiologiae plantarum*, 35,451461.
- Marulanda, A., Barea, J.M., Azcon, R., 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. **Journal of Plant Growth Regulation**, **28**:115-124.
- Masalha, J., Kosegarten, H., Elmaci, Ö., Mengel, K., 2000. The central role of microbial activity for iron acquisition in maize and sunflower. **Biol. Fertil. Soils**, **30**: 433-439.

- Mason-D'croz, D., Bogard, J. R., Sulser, T. B., Cenacchi, N., Dunston, S., Herrero, M. and Wiebe, K., 2019. Gaps between fruit and vegetable production, demand, and recommended consumption at global and national levels: an integrated modelling study. **The Lancet Planetary Health**, **3**(7): e318-e329.
- Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B.R., 2004. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. **Plant Sci** **166**:525-530.
- Mayak, S., Tirosh, T. Glick, B.R., 2004a. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. **Plant Physiol. Biochem.**, **42**: 565-572.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004b. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. **Plant Sci.**, **166**: 525-530.
- Maurya, B.R., Meena, V.S., Meena, O.P., 2014. Influence of Inceptisol and Alfisol's Potassium Solubilizing Bacteria (KSB) Isolates on Release of K from Waste mica. **Vegetos**. **27**(1), 181-187.
- Mehta, S., and Nautiyal, C.S., 2001. An efficient method for qualitative screening of phosphate solubilizing bacteria. **Curr Microbiol.**, **43**(1): 51-60.
- Mena-Violante, H. G., Olalde-Portugal, V., 2007, Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) *Bacillus subtilis* BEB-13bs, **Scientia Horticultura**, **113**:103-106.
- Meena, V.S., Maurya, B.R., Verma, J.P., Meena, R.S., 2016. Potassium solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture,. Springer.
- Menéndez, E.; Pérez-Yépez, J.; Hernández, M.; Rodríguez-Pérez, A.; Velázquez, E.; León-Barrios, M., 2020. Plant Growth Promotion Abilities Of Phylogenetically Diverse *Mesorhizobium* Suss: Effect In The Root Colonization And Development Of Tomato Seedlings. *Microorganisms* **8**: 412.
- Mignard, S., Flandrois, J.P. 2006. 16S rRNA sequencing in routine bacterial identification: A 30-month experiment. **Journal of Microbiological Methods**, **67**: 574-581.
- Misra, M., Kumar, U., Misra, P.K., Prakash, V., 2010. Efficiency of Plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. **Advances in Biological Research**, **4**(2): 92-96.

- Mirik, M., Aysan, Y. and Çınar, Ö., 2008. Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* suşs. **Turk. J. Agric. Forest**, **32**: 381-390.
- Mishra, B.K., Sharma, A., Aishwath, OP, Sharma, Y.K., Krishna Kant, Vishal, M. K., Saxena, S.N. and Ranjan, J.K., 2013. Microbiological profile of coriander (*Coriandrum sativum* L.) crop rhizosphere in Rajasthan and screening for indole acetic acid producing rhizobacteria. **International Journal of Seed Spices**, **3**(2): 59-64.
- Milko, A., Jorquera, David, E. Crowley, P., M., Greiner, R., Fernandez, M.T., Romero, D., Menezes-Blackburn, D., and Mora, M.L. 2011. Identification of b-propeller phytase-encoding genes in culturable *Paenibacillus* and *Bacillus* spp. From the rhizosphere of pasture plants on volcanic soils. **FEMS Microbiol Ecol** **75**, 163-172.
- Mitter, B., Petric, A., Shin, M.W., Chain, P.S.G., Hauberg-Lotte, L., Reinhold-Hurek, B., Nowak, J., Sessitsch, A., 2013. Comparative genome analysis of Burkholderia phyto firmans PsJN reveals a wide spectrum of endophytic lifestyles based on interaction strategies with host plants. *Front. Plant Sci.* **4**, 120.
- Modi, P., Kaur, A., Kaur, M. ve V.K. Kapoor, 2012. Siderophores: A Novel Approach for Iron Removal. **Int.J. Uni. Pharm. Life Sci.** **2**: 628-636.
- Mohamed, H. I., and Gomaa, E. Z., 2012. “Effect of plant growth promoting *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* on growth and pigment composition of radish plants (*Raphanus sativus*) under NaCl stress” **Photosynthetica**. **50**: 263-272,
- Mona, M.Y., El-Goud, A.K.A., 2020. Response of watermelon (*Citrullus lanatus*) to plant compost, kitchen wastes and chicken manure composted with PGPR microbes as Bio-Organic fertilizers. **Scientific Journal of Agricultural Sciences** **2** (2): 29-37.
- Montesinos, E., Bonaterra, A., Badosa, E, Franc  , J., Alemany, J., Llorente, I., ve Moragrega, C., 2002. Plantmicrobe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control. **Int. Microbiol.** **5**:169-175.
- Montesinos, M.C., Desai, A., Chen, J.F., Yee, H., Schwarzschild, M.A., Fink, J.S., Cronstein, B.N., 2002. Adenosine promotes wound healing and mediates

- angiogenesis in response to tissue injury via occupancy of A2A receptors. *The American journal of pathology*, **160**(6), 2009-2018.4
- Nagarajkumar, M., Bhaskaran, R. ve Velazhahan, R. 2004. Involvement of secondary metabolites and extracellular lytic enzymes produced by *Pseudomonas fluorescens* in inhibition of *Rhizoctonia solani* , the rice sheath blight pathogen. *Microbiol. Res.* **159**:73-81.
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Ahmad, Zahir., Z., Javaid, A., Ashraf, M., 2013. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivit under stressful environments. *Biotechnology Advances*, **32**:429-448.
- Nagrajkumar, M., Bhasaskaran, R., Velazhahan, R., 2004. Involvement of Secondary Metabolites and Extracellular Lytic Enzymes Produced by *Pseudomonas fluorescens* in Inhibiition of *Rhizoctonia solani*, **the Rice Sheath of Blight Pathogen Microbial. Res.**, **159**:73-81.
- Nahas, E., 2007. Phosphate solubilising microorganisms: Effect of carbon, nitrogen and phosphorus sources. In: Valazquez E, Rodriguez-Barrueco C (eds) First international meeting on microbial phosphate solubilization. *Developments in Plant Soil Sci* **102**: 111-115.
- Naikofi, Y.M., Rusae, A., 2017. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) application and pesticide type on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Savana Cendana*, **2**(04), 71-73.
- Nair K, Al-Thani R, Al-Thani D, Al-Yafei F, Ahmed T, Jaoua S., 2018. Diversity of *Bacillus thuringiensis* Strains from Qatar as Shown by Crystal Morphology, delta-Endotoxins and Cry Gene Content. *Frontiers in microbiology*. **9**:708.
- Nayak , B.S., Badgley , B. and Harwood, V. J. 2011. Comparison of genotypic and phylogenetic relationships of environmental *Enterococcus* isolates by Box-PCR typing and 16SrRNA gene sequencing. *Appl environ Microbiol.***77**(14):5050-5055.
- Nautiyal, C.S., 1999. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, **170**, 265-

270.

Nautiyal C.S., Bhadauria S., Kumar P., Lal H., Mondal R., Verma D., 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. **FEMS Microbiol. Lett.**, **182**: 291-296.

Nevşehir İl Özel İdaresi, 2024. <http://www.nevsehirozeliidare.gov.tr> yöremizi tanıyalım. Erişim tarihi:15.10.2024.

Nielsen, M.N., Winding, A., 2002. Microorganisms As Indicators of Soil Health. *National Environmental Research Institute, Technical Report No: 388*, Denmark.

Niğde Tarım Orman Bakanlığı, 2024. <https://nigde.tarimorman.gov.tr/Menu/10/Nigdeyi-Taniyalim>. Erişim tarihi 15.10.2024.

Niranjiyan, R. S., Shetty, H. S. and Reddy, M. S., 2006. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Potential Green Alternative for Plant Productivity. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Springer, The Netherlands.

Nemec, S., Datnoff, L.E., Strandberg, J., 1996. Efficacy of biocontrol agents in planting mixes to colonize plant roots and control root diseases of vegetables and citrus, **Crop. Protection**, **15**: 735-742.

Numan, M., Bashir, S., Khan, Y., Mumtaz, R., Shinwari, Z. K., Khan, A. L., Khan, A. and Ahmed, A. H., 2018. Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: a review. **Microbiological Research**, **209**: 21-32.

O'Callagan, K.J., Dixon, R.A., Cocking, E.C., 2001. *Arabidopsis thaliana*: a model for studies of colonization by non-pathogenic and plant-growth-promoting rhizobacteria. **Aust. J. Plant Physiol.** **28**, 975-982.

Ojha, R. B. and Marahattha, A., 2015. Role of *Azotobacter* in soil fertility and sustainability-a review. **2(6)**:250–253

Orhan, E., Eşitken, A., Ercisli, S., Sahin, F., 2007. Effects of indole 3-butyric acid (IBA), bacteria and radicle tip-cutting on lateral root induction in *Pistacia vera*. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology** **82** (1): 2-4.

- Onofre-Lemus, J., Hernández-Lucas, I., Girard, L., Caballero-Mellado, J., 2009. ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylate) deaminase activity, a widespread trait in *Burkholderia* species, and its growth-promoting effect on tomato plants. **App Environ Microbiol.** **75**:6581-6590.
- Oral, B., Mustafa, E., Çakmakçı, R., 2006. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri Aşılamaalarının Buğday (*Triticum aestivum* L., Konya) ve Ispanak (*Spinacia oleracea* L.) Yapraklarında Bazı Antioksidant Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi XX. Ulusal Kimya Kongresi, Erciyes Üniversitesi, 4-8 Eylül, Kayseri.
- Ors, S., Ekin, M., 2015. Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim.* 32(2);237-250.
- Ozeretskovskaya, O. L., 1995. Induced resistance in the Solanaceae.: Induced Resistance to Disease in Plants. (Eds. Hammerschmidt, R. and Kuc, J.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 182 p.
- Ordookhani, K., Khavazi, K., Moezzi, A. and Rejali, 2010. F. "Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato" **Afr. J. Agric. Res.** **5**:1108-1116,
- Orhan, F., 2016. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*). **Brazilian Journal of Microbiology.**; **47** (3):621-627.
- Ortiz-Castro, Randy & Valencia-Cantero, Eduardo & López-Bucio, José. 2008. Plant growth promotion by *Bacillus megaterium* involves cytokinin signaling. **Plant signaling & behavior.** **3**. 263-5. 10.4161/psb.3.4.5204.
- Özdoğan, D.K., 2020. Ankara İli Topraklarından Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakterilerin İzolasyonu, Tanımlanması ve Genetik Çeşitliliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tez. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 133 sayfa.
- Owen, D., Williams, A.P., Griffi, G.W., Withers, P.J.A., 2015, Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition, **Appl. Soil. Ecol.**, **86**, 41-5.
- Pace, N. 1997. A molecular view of microbial diversity and the biosphere. **Science** **276**:734 740.

- Padem, H., Ünlü, H., Ecevit, F. M., 2005. Göller Bölgesi'ne uygun üstün verim ve teknolojik özelliklere sahip domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşitlerinin belirlenmesi. **Fen Bilimleri Enstitü Dergisi**, **9**(2), 55-63.
- Pahari , A., Mishra, B.B., 2017. Characterization of Siderophore Producing Rhizobacteria and Its Effect on Growth Performance of Different Vegetables. Original Research. **Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci** **6**(5): 1398-1405. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.152>
- Pal, K. K., R. Dey, D. M. Bhatt, and S. M. Chauhan. 2000. Palnt Growth Promoting Fluorescent Pseudomonads Enhanced Peanut Growth, Yield and Nutriend Uptake. Fifth International PGPR Workshop, 29 October -3 November. Cordoba-Argentina.
- Park R-Y., Choi M.-H., Sun H.-Y., Shin S.-H. 2005. Production of catechol-siderophore and utilization of transferrin-bound iron in *Bacillus cereus*. **Biol. Pharm. Bull.**, **28**: 1132-1135
- Park, S., Changhwan Kim, Daesang Lee, Dong Hyun Song, Ki Cheol Cheon, Hong Suk Lee, Seong Joo Kim, Jee Cheon Kim, Sang Yup Lee. 2017. Applied and Environmental Microbiology., Construction of *Bacillus thuringiensis* Simulant **Sușs Suitable for Environmental Release 83** (9) e00126-17; DOI: 10.1128/AEM.00126-17.
- Parmar, P., Sindhu, S.S., 2013. Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. **Journal of Microbiology Research**, **3**(1), 25-3.
- Parmar, K.B., Mehta, B.P., Kunt, M.D., 2016. Isolation, Characterization and Identification of Potassium Solubilizing Bacteria From Rhizosphere Soil of Maize (*Zea mays*). International Journal of Science, **Environment and Technology**, **5** (5), 3030-3037.
- Patten, C.L., and Glick, B.R., 2002. Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. **Applied and Environmental Microbiology**, **68**(8): 3795 3801.
- Patten, C., Glick, B.R., 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. **Canadian Journal of Microbiology**, **42**: 207-220.

- Patel, B. N., Solanki, M. P., Patel, S. R. and Desai, J. R. 2011. Effect of bio-fertilizers growth, physiological parameters, yield and quality of brinjal cv. **Surati Ravaiya**. **Indian J. Hortic.** **68**: 370-374.
- Penrose, D. M., and B. R. Glick. 2000. Quantification of 1- amino cyclopropane-1- carboxylic acid (ACC) in Canola Seedlings Treated with Plant Growth Promoting Bacteria. Fifth International PGPR Workshop, 29 October-3 November, 2000, Cordoba-Argentina.
- Penrose D.M., Glick B.R. 2003. Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. **Physiologia Plantarum**, **118**: 10-15.
- Petruzzelli, L., I. Coraggio, and G. L. Metzger. 2000. Ethylene Promotes ethylene Biosynthesis During Pea seed Germination by Positive feedback Regulation of 1- aminocyclo-popane-1-carboxylic acid oxidase. **Planta**, **211**: 144-149.
- Porcel, R., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M. and Aroca, R., 2014. Involvement of plant endogenous ABA in *Bacillus megaterium* PGPR activity in tomato plants. **BMC Plant Biology**, **14**(1): 1-12.
- Porwal, S., Lal, S., Cheema, S., Kalia ,V.C. 2009. Phylogeny in aid of the present and novel microbial lineages: diversity in Bacillus. PLoS ONE 4(2): e4438.
- Prajapati, K.B., Modi, H.A. 2012. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. CIBTech. J Microbiol., 1, 8-14.
- Prajapati, K., Sharma, M.C., Modi, H.A. 2013. Growth Promoting Effect of Potassium Solubilizing Microorganisms on Okra (*Abelmoscus Esculantus*). **Journal of Agricultural Sciences**, **1**, 181-188.
- Praveen Kumar, G., Mir Hassan Ahmed, S., Desai, S., Leo Daniel Amalraj, E. ve Rasul, A., 2014, In Vitro Screening for Abiotic Stress Tolerance in Potent Biocontrol and Plant Growth Promoting Strains of *Pseudomonas* and *Bacillus* spp, **International Journal of Bacteriology**, **1**, 181-188.
- Pramanik, K., Mitra, S., Sarkar, A., Maiti, T.K., 2018, Alleviation of phytotoxic effects of cadmium on rice seedlings by cadmium resistant PGPR strain *Enterobacter aerogenes* MCC 3092, **Journal of Hazardous Materials**, **351**, 317-329.

- Puente, M.E., Bashan, Y., Li, C.Y. and Lebsky, V.K., 2004. Microbial populations and activities in the rhizoplane of rock-weathering desert plants. I. Root colonization and weathering of igneous rocks. *Plant Biol.*, **6**: 629-42.
- Puente, M.E., Li, C.Y., Bashan, Y., 2009. Endophytic Bacteria in Cacti Seeds Can Improve the Development of Cactus Seedlings Environmental and **Experimental Botany**, **66**(3), 402-408.
- Quresh, M.A., Shahzad, H., Saeed, M.S., Ullah, S., Ali, M.A., Mujeeb, F., Anjum, M.A., 2019. Relative potential of rhizobium species to enhance the growth and yield attributes of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Eurasian J. Soil Sci.** **8**(2): 159-166. doi: <https://doi.org/10.18393/ejss.544747>.
- Ratledge, C., and Wilkinson, S.G., (ed). 1988. Microbial lipids, vol:1 Academic Pres. London, England. In. Fessica R. Hanson, Jennifer L. Macalady, David Haris and Kate M. Scow 1999. Linking Toluene degradation with Specific Microbial Populations in soil. **Applied and Environmental Microbiology**, **6**, p:5403-5408.
- Rajkumar, M., Ae, N., Prasad, M.N.V., Freitas, H. 2010. Potential of siderophore producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. **Trends Biotechnol.**, **28**, 142-149.
- Ramakrishnan, K., and Selvakumar, G., 2012. "Effect of biofertilizers on enhancement of growth and yield on tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.)" **Int. J. Res. Bot.** **2**: 20-23,
- Rana, G., Mandal T., Mandal, N. K., Sakha, D., and Meikap, C. B., 2015. Calcite Solubilization by Bacteria: A Novel Method of Environment Pollution Control. **Geomicrobiology Journal**, **32**(9), 846-852,
- Raddadi, N., Cherif, A., Boudabous, A., Daffonchio, D., 2008. Screening of plants growth promoting traits of Baciilus thuringiensis. **Ecological and Environmental Microbiology. Annals of Microbiology** **58**,47-52.
- Rajawat, M.V.S., Singh, S., Singh, G., Saxena, A.K., 2012. Isolation and Characterization of K-Solubilizing Bacteria Isolated from Different Rhizospheric Soil. Proceeding of 53rd Annual Conference of Association of Microbiologists of India, India, 124.

- Ratledge, C., Dover, L.G. 2000. Iron metabolism in pathogenic bacteria. **Annu. Rev. Microbiol.** **54**: 881-941.
- Ravikumar, S., Shanthi, S., Kalaiaras, A., And Sumaya, S., 2010. Effect of Halophilic Phosphobacteria on Seedlings Avicennia Officinalis. **Annals of Biological Research**, **1** (4): 254-260.
- Reed, M. L. and Glick, B. R. 2005. Growth of canola (*Brassica napus*) in the presence of plant growthpromoting bacteria and either copper or polycyclic aromatic hydrocarbons. **Canad J Microbiolo** **51**:1061- 1069,
- Relman, D. A. 1999. The search for unrecognized pathogens. *Science* 284:1308-1310
- Rodriguez, H., Fraga, R., 1999, Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, **Biotechnology Advances**, **17**, 319-339.
- Rodriguez, H., Gonzalez, T., Goire, I., Bashan, Y., 2004. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. **Naturewissenschaften** **91**:552-555. doi:[10.1007/s00114-004-0566-0](https://doi.org/10.1007/s00114-004-0566-0).
- Rossolini, G.M., Shippa, S., Riccio, M.L., Berlutti, F., Macaskie, L.E., Thaller, M.C., 1998. Bacterial non-specific acid phosphatases: physiology, evolution, and use as tools in microbial biotechnology. **Cellular and Molecular Life Sciences**, **54**, 833-850.
- Römheld, V., Kirkby, E.A. 2010. Research on Potassium in Agriculture: Needs and Prospects. **Plant Soil**. **335**(1-2), 155-180.
- Sadeghi, A., Karimi, E., Abaszadeh Dahaji, P., Ghorbani Javid, M., Dalvand, Y. and Askari, H. 2013. Plant growth promoting activity of an indole acetic acid and siderophore producing isolate of *Streptomyces* under saline soil conditions. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, **28**(4): 1503-1509.
- Safronova, V.I., Stepanok, V.V., Engqvist, G.L., Alekseyev, Y.V., Belimov, A.A., 2006. Root associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase improve rowth and nutrient uptake by pea enotypes cultivated in cadmium supplemented soil, **Biol. Fertil. Soils**, **42**.356-362.

- Saharan, B. S., and Nehra, V., 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sciences and Medicine Research**, **21**(1): 30-45.
- Sarwar, M., Frankenberger, W.T., 1994. Influence of L-tryptophan and auxins applied to the rhizosphere on the vegetative growth of *Zea mays* L. **Plant and Soil**, **160**, 97-104.
- Shenoy, V.V. Kalagudi, G.M., 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. **Biotechnology Advances**, **23**, 501-513.
- Skraly, F.A. Cameron, D.C., 1998. Purification and characterization of a *Bacillus licheniformis* phosphatase specific D-alpha-glycerphosphatase. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, **349**, 27-35.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., Remans, R., 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signalling. **FEMS Microbiology Reviews**, **31**, 425-448.
- Sharma, A., Johri, B. N., Sharma, A. K., & Glick, B. R. 2003. Plant growth-promoting bacterium *Pseudomonas* sp. strain GRP 3 influences iron acquisition in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilzeck). **Soil Biology and Biochemistry**, **35**(7), 887-894.
- Skrary, F.A., Cameron, D.C. 1998. Purification and characterization of a *Bacillus licheniformis* phosphatase specific for D-alphaglycerphosphate. **Arch Biochem Biophys**, **349**:27-35.
- Schippers, B., and Bakker, A.W. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. **Annual Review of Phytopathology**, **25**(1), 339-358.
- Schaumann, R., Knoop, N., Genzel, G. H., Losensky, K., Rosenkranz, C., Stîngu, C.S., Schellenberger, W., Rodloff, A.C., and Eschrich, K., 2012. A step towards the discrimination of beta-lactamase-producing clinical isolates of *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas aeruginosa* by MALDI-TOF mass spectrometry. **Med Sci Monit**.**18**(9),23-35.
- Seng, P., Drancourt, M., Gourié, F., et al. 2009. Ongoing revolution in bacteriology: routine identification of bacteria by matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass **Clin Infect Dis.**; **49**: 543-51.

- Sharma, K., Sharma, S., Prasad, S.R. 2019. PGPR: Renewable tool for sustainable agriculture. *Int.J. Curr. Microbiol.App.Sci.* **8**(1): 525-530.
- Sharafzadeh, S., 2012. Effects of pgpr on growth and nutrients uptake of tomato. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Vol. 2(1), 27-31.
- Singh and Satyanarayana, 2011; Skrary FA, Cameron DC (1998) Purification and characterization of a *Bacillus licheniformis* phosphatase specific for D-alphaglycerphosphate. *Arch Biochem Biophys*, **349**:27-35.
- Singh, S., Gupta, G., Khare, E., Behal, K. K. and Arora, N. K., 2014. Phosphate Solubilizing Rhizobia Promote the Growth of Chickpea under Buffering Conditions. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, **2**(5), 97-106.
- Saiyad, S.A., Jhala, Y.K., Vyas, R.V., 2015. Comparative Efficiency of Five Potash And Phosphate Solubilizing Bacteria And Their Key Enzymes Useful For Enhancing and Improvement of Soil Fertility. *International Journal of Scientific and Research Publication*, **5**(2), 1-6.
- Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S., Bhatti, A.S., 2007. Stresli tarımda ACC deaminaz içeren Rhizobacteria (PGPR) içeren bitki büyümesini teşvik eden perspektif. *J Ind Microbiol Biotechnol* **34**: 635-648.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım E., 2015. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Uygulamalarının Bitkilerde Kuraklığa Toleransı Arttırmadaki Etkiler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. **20**(1):72-79.
- Samancıoglu, A., Yıldırım, E., Turan, M., Kotan, R., Şahin, U. and Kul, R. 2016. Amelioration of drought stress adverse effect and mediating biochemical content of cabbage seedlings by plant growth promoting rhizobacteria. *Int. J. Agric. Biol.*, **18**: 948–956.
- Sandhya V., Ali S.K.Z., Grover M., Reddy, G and Venkatswarlu, B., 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*. **62**: 21-30.

- Saravanakumar, D., and Samiyappan, R., 2007. ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. *Journal of Applied Microbiology* **102.5**: 1283- 1292.
- Sarma, R.K, Saikia, R., 2014. Alleviation of drought stress in mung bean by suş *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21 *Plant Soil*, **377**:111-126.
- Sarı, N., Tan, A., Yanmaz, R., Yetisir, H., Balkaya, A., Solmaz, I., Aykas, L., 2008. General Status of Cucurbit Genetic Resources in Turkey. In: Pitrat M, Editor. Proceedings of IX th EUCARPIA Meeting on Genetics and Breeding of *Cucurbitaceae*. Paris, France: INRA, 21-32 p.
- Sentausa, E., Fournier, P.E. 2013. Advantages and limitations of genomics in prokaryotic taxonomy. *Clin. Microbiol. Infect.*, **19**(9):790-795.
- Seki, T., C. Chung, H. Mikami, and Y. Oshima. 1978. Deoxyribonucleic acid homology and taxonomy of the genus *Bacillus*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **28**:182-189.
- Seymen, M., Eyce, R., Türkmen Ö., Paksoy, M., Dönmez F.M., Dursun A. 2013. Bazı bakteri aşılamaalarının hıyarın (*Cucumis sativus* L.) besin elementi içeriğine etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* **27** (1): 1-7s.
- Seymen, M., Türkmen, Ö. and Paksoy, M., 2013. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, yield components and mineral contents of pepper under greenhouse conditions” *J Ecosys Ecolo Sci* **3**:645-650.
- Seymen M., Dursun, A., Paksoy, M., Türkmen, Ö., 2014. Effect of bacteria inoculation on yield, yield components and mineral contents of tomato. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* **28**(2):52-57.
- Seymen, M., Türkmen, O., Dursun, A., Dönmez, M.F, Paksoy, M., 2010. Effects of Bacterium Inoculation on Yield and Yield Components of Cucumber (*Cucumis sativus*). *Bulletin UASVM Horticulture*, **67**(1):274-277.
- Seymen, M., Türkmen, Ö. and Paksoy, M., 2015. Bacteria Inoculation Affect on Yield, Yield Components and Mineral Contents of (*Capsicum annum* L.) Bell Pepper. 7 th ICGBEEAH2015 July 10-11, ISSN: 1947- 8321 87-94, 87,

- Sheng, X.F., He, L.Y., 2006. Solubilization of Potassium- Bearing Minerals by a Wild-Type Suş of *Bacillus edaphicus* and its Mutants and Increased Potassium Uptake by Wheat. *Canadian Journal of Microbiology*. **52**(1), 66-72.
- Sheng, X.F., Zhao, F., He, L.Y., Qiu, G., Chen, L., 2008. Isolation and Characterization of Silicate Mineral-Solubilizing *Bacillus globisporus* Q12 from the Surfaces of Weathered Feldspar, *Canadian Journal of Microbiology*, **54**(12), 1064-1068.
- Shivaji, S. P. Chaturvedi, Z. Begum, P. K. Pindi, R. Manorama, D.A. Padmanaban, Y.S. Shouche, S. Pawar, P. Vaishampayan, C.B.S. Dutt, G.N. Datta, R.K. Manchanda, U.R. Rao, P.M. Bhargava ve J.V. Narlikar, 2009. “Janibacter hoylei sp. nov., *Bacillus isronensis* sp. nov. and *Bacillus aryabhattai* sp. nov., Isolated from Cryotubes Used for Collecting Air from the Upper Atmosphere”, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, sayı 59, pp. 2977-2986.
- Shaukat, K., Affrasayab S., and Hasnain, S., 2006a. Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. **J. Agri. Res.**, vol.1(6), pp.573-581.
- Shaukat, K., Affrasayab, S., and Hasnain, S., 2006b. Growth responses of *Triticum aestivum* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. **Res. J. Microbiol.**, vol.1(4), pp.330-338.
- Singh, J.S., Pandey, V.C., Singh, D.P., 2011. Efficient Soil Microorganisms: A New Dimension for Sustainable Agriculture and Environmental Development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **140**(3-4), 339-353.
- Silini-Chérif H, Silini A, Ghoul M, Yadav S. 2012. Isolation and characterization of plant growth promoting traits of a rhizobacteria: *Pantoea agglomerans* Ima2. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. **15** (6): 267-276.
- Singh, G., Biswas, D.R., Marwah, T.S., 2010. Mobilization of Potassium From Waste Mica By Plantgrowth Promoting Rhizobacteria and its Assimilation by Maize (*Zea mays*) and Wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Plant Nutrition.**, **33**(8), 1236-1251.
- Silva, Christiana de F. B. da, Brito, Thaís L. de, Taniguchi, Carlos A. K., Lopes, Larissa A., Pinto, Gustavo A. S., & Carvalho, Ana C. P. P. de. 2018. Growth-promoting

- potential of bacterial biomass in the banana micropropagated plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(11), 782-787. <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p782-787>.
- Silva, L. R., Azevedo, J., Pereira, M. J., Carro, L., Velazquez, E., Peix, A., Valentão, P. and Andrade P. B. 2014. Inoculation of the non-legume (*Capsicum annuum* L.) with Rhizobium strains. 2. Changes in sterols, triterpenes, fatty acids, and volatile compounds. **J. Agric. Food Chem.** 62: 565-573,
- Singh M, Singh D, Gupta A, Pandey KD, Singh PK., Kumar A. 2019. Plant Growth Promoting Rhizobacteria. PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. pp: 41-66. doi:10.1016/b978-0-12-815879-1.00003-3.
- Sivakumar, B., 2011. Global climate change and its impacts on water resources planning and management: assessment and challenges. **Stoch. Environ. Res. Risk Assess.** 25, 583-600.
- Skerman, V.B.D., McGowan. V., and Sneath, P.H.A. 1989. Approved lists of bacterial names. Washington, DC: American Society for Microbiology,
- Solmaz, I., Sarı, N., 2009. Characterization of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Accessions Collected from Turkey for Morphological Traits. **Genet Res Crop Evol.**, 56: 173-188.
- Solanki M.K., Wang Z., Wang F.Y., Li C.N., Lan T.J. and Singh R.K. 2017. Intercropping in sugarcane cultivation influenced the soil properties and enhanced the diversity of vital diazotrophic bacteria. **Sugar Tech.**, 19: 136-147.
- Somasegaran P., Hoben H.J. 1982. Comparison of the pour, spread and drop-plate methods for the enumeration of *Rhizobium* spp. in inoculants made from presterilized peat. *Appl. Environ. Microbiol.* 44: 1246-1247.
- Spaepen S., Vanderleyden J. and Remans R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism plant signaling. **FEMS Microbiol Reviews**, 31(4): 425-448.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., 2011. Auxin and plant-microbe interactions. **Cold Spring Harb. Perspect. Biol.**, 3, 24-35.
- Srivasta, B.K., Singh, M.P., Singh, S., Shahi, U.P., Srivasta, P. And LATA, S., 2011. Evaluation of INM Options on Crop Performance and Soil Fertility Under

- Tomato-Green Manure-Brinjal Cropping System. *Indian Journal Of Horticulture*, 1: 66-70.
- Subba Rao, N.S., 1982. Advances in Agricultural Microbiology. In: Subba Rao N.S.Ed., Studies in the Agric. and Food Sci. Butterworth Scientific, pp. 295-303, London.
- Sufredy, S., Sulistyowati, D., and Pradiana, W., 2020. Pemberdayaan Petani Dalam Penggunaan Teknologi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgpr) Pada Usahatani Brokoli (*Brassica oleracea* L.) Di Desa Cibodas Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(3), 149-158. <https://ejournal.stpmataram.ac.id/JIP/article/view/92>.
- Stackebrandt, E. and Goebel, B.M. 1994. Taxonomic Note: A Place for DNA-DNA Reassociation and 16s rRNA Sequence Analysis in the Present Species Definition in Bacteriolog. International Union of Microbiological Societies. pp.846-849.
- Sturz, A. V., Christie B. R. and Novak, J. 2000. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable system of crop production. *Crit. Rev. Plant Sci.* 19: 1-30,
- Suh, M.J., 2004. Limbach Investigation of methods suitable for the matrix-assisted laser desorption/ ionization mass spectrometric analysis of proteins from ribonucleoprotein complexes. *Eur J MassSpectrom* (Chichester, Eng).10: 89-99.
- Sunita, S., Lakshminarayana, K., Gupta, P.P. ve Suneja, S. 1994. Role of Azotobacter chroococcum Siderophores in Control of Bacterial Rot and Sclerotinia rot of Mustard. *Indian J. Mycol. Plant Pathol.* 24: 202-205.
- Sülü, S.M., Bozkurt, İ.A., Soylu, S., 2016. Bitki Büyüme Düzenleyici ve Biyolojik Mücadele Etmeni Olarak Bakteriyel Endofitler. *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 21: 103-111.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F., 2004. Sugarbeet and barley yields in relation to inoculation with N₂- fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant Soil*, 265: 123-129.
- Şahin, F., 2010. Organik Bitkisel Üretimde Biyoteknoloji ve Ar-Ge. *Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu*, 28 Haziran-1 Temmuz 2010, Erzurum, (Çağrılı Bildiri)" <http://orgprints.org/26606>
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Güneş, A., Karagöz, K., Metin, T., Kotan, R., Yıldırım, E., 2015. Fertilizer Efficiency of Some Plant Growth Promoting Rhizobacteria for

- Plant Growth Research. **Journal of Soil Biology** 7 (2): 28-45, 2015 ISSN 1819-3498 / DOI: 10.3923/rjsb.2015.28.45.
- Şahin E., 2019. Yararlı rizobakteri (PGPR) uygulamalarının serada yetiştirilen dolmalık biberde verim ve bitkisel özellikler üzerine etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Yüksek lisans tezi, sayfa 63.
- Şeniz, V., 1992. Domates, biber ve patlıcan yetiştiriciliği. *Tarımsal Araştırmaları Destekeri ve Genel Vakfı Yayınları*, 26, 174.
- Şevik M.A., 2010. Bitki virüs hastalıklarına karşı kullanılan bitki gelişimini teşvik eden rhizobakteriler (PGPR). **Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi**, 08: 31-43.
- Stackebrand, E. ve Goebel, B.M.,1994. Taxonomic Note: A Place for DNA Reassociation and 16S rRNA Sequence Analysis in the Present Species Definition in Bacteriology, *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 44. 846-849.
- Styriakova, I., Styriak, I., Galko, D., Hradil, P., Bezduka, P., 2003. The Release of Iron-Bearing Minerals and Dissolution of Feldspars by Heterotrophic Bacteria of *Bacillus* species. **Ceram. Silik.**, 47(1), 20-26.
- Takeno, Akira, Akira Okamoto, Keizo Tori, Kenshiro Oshima, Hideki Hirakawa, Hidehiro Toh, Norio Agata, Keiko Yamada, Naotake Ogasawara, Tetsuya Hayashi, Tohru Shimizu, Satoru Kuhara, Masahira Hattori, Michio Ohta. 2012. Complete Genome Sequence of *Bacillus cereus* NC7401, Which Produces High Levels of the Emetic Toxin Cereulide. **Journal of Bacteriology**, 194 (17) 4767-4768; DOI: 10.1128/JB.01015-12.
- Tara N, Sharan B.S. 2017. Plant growth promoting traits shown by bacteria *Brevibacterium frigiditolerans* SMA23 isolated from Aloe vera rhizosphere. **Agricultural Science Digest**. 37 (3): 226-231
- Taşkaya, B. ve Keskin, G., 2004. Kavun-karpuz. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü- Bakış. 6(9): 1-4.

- Telek Ü, Akıncı İE, Küsek M., 2019. Rhizobakteri İzolatlarının Kırmızı Biberin (*Capsicum annuum* L.) Verim ve Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkileri. **KSÜ Tar Doğa Derg** 22(1) : 62-70, DOI : 10.18016/ksutarimdog.vi.448536.
- Temizkan G., Arda N., Kig C., Pekmez M., Dalyan L., Palabiyik B. 2012. Investigation of the Relationship Between Oxidative Stress and Glucose Signaling in *Schizosaccharomyces pombe*. **Biochem Genet** 50: 336-349.
- Thimann, K.V., Schneider, C.A., 1939. The relative activities of different auxins. **Am.J. Bot.** 26, 328-333.
- Thaller, M.C., Berlutti, F., Schippa, S., Iori, P., Passariello, C., Rossolini, G.M., 1995. Heterogeneous patterns of acid phosphatases containing low-molecular-mass polipeptides in members of the family *Enterobacteriaceae*. **International Journal of Systematic and Bacteriology**, 45, 255-261.
- Thorne, J. L., H. Kishino, and I. S. Painter. 1998. Estimating the rate of evolution of the rate of molecular evolution. **Mol. Biol. Evol.** 15:1647-1657.
- Toprak, E., 2012. *Kök Bakterilerinin Farklı Substratlarda Domates Yetiştiriciliğine Etkisi*. Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 112.
- Toribio, A.J., Jurado. M.M., Suárez-Estrella, F., López-González, J.A., Martínez-Gallardo, MR., López, M.J., 2021, Application of sonicated extracts of cyanobacteria and microalgae for the mitigation of bacterial canker in tomato seedlings, **Journal of Applied Phycology**, 33, 3817-3829.
- Tsavkelova, E.A., Klimova, S.V., Cherdyntseva, T.A. ve Netruson, A.I., 2006. Microbial producers of plant growth stimultors and their practical use: a review. **Applied Biochemistry and Microbiology**, 42(2), 117-126.
- Tsegaye, Z., Fassil, A., Dereje, B., 2017. Propertiesand Application of PlantGrowth PromotingRhizobacteria. 2(1): 30-43.
- Turan M., Ataoğlu N., Sezen Y., 2004. Fosfor çözücü bakterinin (*Bacillus megaterium*) domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisinin verimi ve fosfor alımı üzerine etkisi, Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim 2004, Tokat, Bildiri Kitabı I. Cilt, 939-944.

- Turan, M., Ataoğlu, N., Şahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungion different forms of phosphorus in soil *Environ* 53:58-64.
- Turan, M., Ataoglu, N. and Sezen, Y. 2004. Effects of phosphorus solubilizing bacteria (*Bacillus megaterium*) on yield and phosphorus contents of tomato plant (*Lycopersicon esculentum* L.). In: National Fertilizer Congress. Farming-Industry Environment, 11-13 October Tokat, Turkey,
- Turan, M., Ataoğlu, N. Ve Sezen, Y., 2004. Fosfor Çözücü Bakterinin (*Bacillus megaterium*) Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Bitkisinin Verimi ve Fosfor Alımı Üzerine Etkileri, Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, ss. 939-944, 11-13 Ekim, Tokat.
- Turan, M., Ataoğlu, N., Şahin, F. 2007. Effect of *Bacillus* FS-3 on Growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and Availability of Phosphorus in Soil. **Plant Soil Environ** 53:58-64.
- Turan, M., Horuz, A., 2012. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. Bitki Besleme. Ed. M.R.Karaman. pp. 123-345 ISBN 978-605-87103-2-0.
- Turan, M., Güllüce, M., Çakmak, R., Şahin, F. 2013. Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Freezing Injury and Antioxidant Enzyme Activity of Wheat and Barley. **Journal of Plant Nutrition**, 36:731-748.
- Turan M, Ekinci M, Yildirim E, Güneş A, Karagöz K, Kotan R, Dursun A., 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, nutrient, and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings. **Turkish J. Agri. For.**, 38: 327-333.
- Turan M, Arjumend T, Argın S, Yıldırım E, Katırcıoğlu H, Gürkan B, Bolouri, P, 2021. Plant Root Enhancement by Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Plant Roots*, 145.
- 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 Şanlıurfa. 701-707.

- Tuzlacı, H.İ. 2014. Bitki gelişimini teşvik edici bazı bakteri uygulamalarının örtü altı ve açık çilek yetiştiriciliğinde kullanılma imkanları. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum, 67s.
- TÜİK., 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Erişim linki: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim tarihi: 14.12.2022
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, (<https://www.tuik.gov.tr>).
- Türkoğlu M., 2019. Farklı kavun çeşitlerinde PGPR kullanımının verim ve kalite üzerine etkileri. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Yüksek lisans tezi. Sayfa 49.
- Ulas A. 2010. Agronomic and Physiological Parameters of Genotypic Nitrogen Efficiency in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.), Ph.D. Thesis, Universitaet Hannover, Faculty of Natural Science, Plant Nutrition Department, p.205, Hannover- Germany.
- Uslu, A., 2006. Bazı baklagil bitkilerinde bitki gelişimini uyaran kök bakterileri (PGPR) ile verimin artırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, İzmir.115s
- Uroz, S., Calvaruso, C., Turpault, M.P., Frey-Klett, P., 2009. Mineral Weathering by Bacteria: Ecology, Actors and Mechanisms. *Trends Microbiol.* **17**(8), 378-387.
- Upadhyay S., Kumar N., Singh V.K. and Singh A. 2015. Isolation, characterization and morphological syudy of Azotobacter isolates, **Journal of Applied and Natural Science.** **7**(2): 984-990.
- Upadhyay, S.K., Singh, D.P., Saikia, R. 2009. Genetic diversity of plant growth promoting rhizobacteria isolated from rhizospheric soil of wheat under saline condition. *Curr Microbiol.* **6**(2): 345-265.
- Utkhede, R. S. and Koch, C. A., 1999. Rhizobacterial growth and yield promotion of cucumber plants inoculated with *Pythium aphanidermatum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, **21**:265-271.
- Uzun, O. 2014. Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Deneme Alanı Topraklarına Biyogübre Uygulamalarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L.) Fosforlu

- Gübre Kullanım Etkinliği Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 145s.
- Ünlü, H. Ve Padem, H., 2009. Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. **Ekoloji**, **19** (73): 1-9.
- Ünlü, E., Şekerci, A. D., Yılmaz, S., Yetişir, H., 2023. Field trial of PGPR, *Bacillus megaterium* E-U2-1, on some vegetable species. **Journal of Applied Biological Sciences**, **17**(1), 125-137. DOI: 10.5281/zenodo.7579882.
- Van de Poel, B., Van der Straeten, D., 2014. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic (ACC) in plants: more than just the precursor of ethylene! **Front. Plant Sci.** **5**,640-672.
- Varma A., Abbott L., Werner D., and Hampp R., (Ed) 2004. Plant Surface Microbiology, SPRINGER 628p. Google Book Search, <http://books.google.com>
- Yadav, K.S. and Dadarwal, K.R., 1997. Phosphate solubilization and Mobilization Through Soil Microorganisms. In: Dadarwal, K.R. (ed.) *Biotechnological Approaches in Soil Microorganisms for Sustainable Crop Production*. Jodhpur. India. Pp. 293-308.
- Yağmur, B., 2019. Organik Tarımda Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bazı Bakterilerin (PGPR) Domates Bitkisinin Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi 83 Sayfa.
- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009. Effect of phosphate solubilization Microorganisms (PSM) and PGPR on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). World Academy of Science, Engineering and Technology 49.
- Yetişir, H., Kurt, Ş., Sarı, N., Tok, F. M., 2007. Rootstock Potential of Turkish *Lagenaria siceraria* Germplasm for Watermelon: Plant Growth, Graft Compatibility, and Resistance to Fusarium. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31(6): 381-388.
- Yetişir, H., Sarı, N., 2004. Effect of Hypocotyl Morphology on Survival Rate and Growth of Watermelon Seedlings Grafted on Rootstocks with Different Emergence Performance at Various Temperatures. Turk. J. Agric., 28: 231- 237.

- Yildiz, H.N. Altinok, H.H. Dikilitas, M., 2012. Screening of rhizobacteria against *Fusarium oxysporum* f. sp. melongenae, the causal agent of wilt disease of eggplant. *African Journal of Microbiology Research*, 6(15): 3700-3706.
- Yıldız, N., 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Besleme Bozukluğu Belirtileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. ISBN:978-605- 62759-0-6.
- Yılmaz, S., Ünlü, E., Mamoori, K., Çetin, A. 2022. Indole Acetic Acid (Iaa) Production Potential Of Pgpr Bacterial Isolates And Their Effect On Seed Germination In *Zea Mays* L. **Current Trends in Natural Sciences**, 11(22), 90-99. <https://doi.org/10.47068/ctns.2022.v11i22.011>.
- Yilihamu, A., Ouyang, B., Ouyang, P., Bai, Y., Zhang, Q., Shi, M., Guan, X. and Yang, S. T., 2020. Interaction between graphene oxide and nitrogen-fixing bacterium *Azotobacter chroococcum*: transformation, toxicity and nitrogen fixation. **Carbon**, 160: 5-13.
- Yildirim, E., Donmez, M.F., Turan, M., 2008. Use of bioinoculants in ameliorative effect on radish (*Raphanus sativus* L.) plants under salinity stress. **J. Plant Nutr.** 31: 2059-2074.
- Yildirim, E., Turan, M., Ekinici, M., Dursun, A., Cakmakci, R., 2011. Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce. **Sci. Res. Essay**, 6(20): 4389-4396.
- Vashishth, A., Ram, S., Beniwal, V., 2018. Identification of PCR-based DNA marker linked to high phytase level of wheat, **J. Crop Sci. Biotech. (March) 21** (1) : 83-88.
- Vaikuntapu, P.R., Dutta, S., Samudrala, R.B., Rao, R.V.N., Vukanti, Kalam, S., Podile, A.R., 2014. Preferential promotion of *Lycopersicon esculentum* (Tomato) growth by plant growth promoting bacteria associated with tomato. **Indian Journal of Microbiology**, 54(4), 403-412.
- Venkadesaperumal, G., Amaresan, N. and Kumar, K., 2014. Plant growth promoting capability and genetic diversity of bacteria isolated from mud volcano and lime cave of Andaman and Nicobar Islands. **Brazilian Journal of Microbiology**, 45(4): 1271-1281.

- Verla, A. W., Enyoh, C. E., Verla, E. N. and Nwarnorh, K. O., 2019. Microplastic-toxic chemical interaction: a review study on quantified levels, mechanism and implication. *SN Applied Sciences*, 1: 1400
- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant Soil**, **255**, 571-586.
- Vuolo, F., Novello, G., Bona, E., Gorrasi, S. and Gamalero, E., 2022. "Impact of plant-beneficial bacterial inocula on the resident bacteriome: current knowledge and future perspectives", *Microorganisms*, **10**(12), 2462, 2-26.
- Xing, Y. X., Wei, C.-Y., Mo, Y., Yang, L.-T., Huang, S.-L., and Li, Y.-R., 2016. Nitrogen-fixing and plant growth-promoting ability of two endophytic bacterial strains isolated from sugarcane stalks. **Sugar Tech.**, **18**, 373-379.
- Walsh, U.F., Morrissey, J.P. ve O’Gara, F. 2001. *Pseudomonas* for biocontrol of phytopathogens: from functional genomics to commercial exploitation. **Curr. Opin. Biotechnol.** **12**:289-295.
- Walsh, U. F., Morrissey, J. P., & O’gara, F., 2001. *Pseudomonas* for Biological Control of Phytopathogens; from Functional Genomics to Commercial Exploitation. **Current opinion in Biotechnology** **12**: 289-295
- Walpola, B. C. and Yoon, M., 2013. "Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria and their co-inoculation efficiency on tomato plant growth and phosphorous uptake" **Afr. J. Microbiol. Res.** **7**: 266- 275,
- Whitaker, T.W., Bemis, W.P., 1976. Cucurbits. In: Simmonds, N.W. (Ed.), *Evolution of Crop Plants*. Longman, London, 64-69 p.
- Wang, C., E. Knill, B. R. Glick, and G. Defago. 2000. An ACC deaminase gene improves the Growth Promoting and Disease- suppressive capacities of *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO. Fifth International PGPR Workshop, 29 October-3 November, Cordoba-Argentina.
- Wang C., Knill E., Glick B.R., Defago G., 2000. Effect of transferring 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase genes into *Pseudomonas fluorescens* strain CH40 and its gacA derivative CHA96 on their

- growth-promoting and disease-suppressive capacities. **Can. J. Microbiol.**, **46**:898-907.
- Wang S, Xu Y, Li Z. 2018. Nitrogen utilization and transformation of *Stenotrophomonas maltophilia* W-6 with nitrogen-fixing ability. **The Preprint Server for Biology**, **3**,1-32.
- Wani, A.A., Sogi, D.S., Grover Land Saxena, D.C., 2006. Effect of temperature, alkali concentration, mixing time and meal/solvent ratio on the extraction of watermelon seed proteins- a response surface approach. **Biosyst. Eng.**, **94**: 67-73.
- Wani, A.A., Sogi, D.S., Singh, P., Wania, I.A., Shivhare, U.S., 2011. Characterization and functional properties of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed proteins. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **91**: 113-121.
- Walia, A., Mehta, P., Chauhan, A. and Shirkot, C. K., 2014. Effect of *Bacillus subtilis* su δ CKT1 as inoculum on growth of tomato seedlings under net house conditions. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, **84**(1), 145-155.
- Whitelaw, M.A., 2000. Growth Promotion of Plants Inoculated With Phosphate Solubilizing Fungi. **Advances In Agronomy**, **69**, 99-151.
- Wilson, K., 2001. Preparation of genomic DNA from bacteria. **Current Protocol of Molecular Biology**, **2**: 2.
- Wieser, A., Schneider, L., Jung, J., Schubert, S. 2012. “MALDI-TOF MS in microbiological diagnostics identification of microorganisms and beyond,” **Applied Microbiology and Biotechnology**, **93**(3), 965-974.
- Winkler, M.A, Uher, J., Cepa, S., 1999. Monitoring the growth of a bacteria culture by MALDI-MS of whole cells. **Anal Chem** **71**: 3416- 3419.
- Woitke, M., Junge, H., Schnitzler, W. H., 2004. *Bacillus subtilis* as growth tomatoes under saline conditions. 10.17660/ActaHortic.659.48.
- Woese, C. R., E. Stackebrandt, T. J. Macke, and G. E. Fox. 1985. A phylogenetic definition of the major eubacterial taxa. **Syst. Appl. Microbiol.** **6**:143-151.
- Woese, C. R. 1987. Bacterial evolution. **Microbiol. Rev.** **51**:221-271.

- Wolf, A., Fritze, A., Hagemann, M., Berg, G. 2002. *Stenotrophomonas rhizophila* sp. nov., a novel plant-associated bacterium with antifungal properties. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** **52**, 1937-1944.
- Zafar, M., Ahmed, N., Mustafa, G., Zahir, A.Z., Simms, E.L., 2017. Molecular and biochemical characterization of rhizobia. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, **54**(2), 373-381.
- Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Shaharoona, B., and Arshad, M. 2008. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of pea (*Pisum sativum*) under drought conditions. **J Microbiol Biotechnol**, Vol. **18**, pp.958-963.
- Zhao, J., Liu, J., Liang, H., Huang, J., Chen, Z. Y., Nie, Y., Wang, C., Wang, Y., 2018/2019/2019. Manipulation of the rhizosphere microbial community through application of a new bio-organic fertilizer improves watermelon quality and health. **PLoS ONE** **13**(2): e 0192967. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192967>.
- Zhao, X.R., Lin, Q.M., 2001. A review of Phosphate Dissolving Microorganisms. *Soil Fertilizer*, **3**, 7-11.
- Zhang L H., Dong Y H., Xu JL, 2000. AiiA, an enzyme that inactivates the acylhomoserine lactone quorum sensing signal and attenuates the virulence of *Erwinia carotovora*. **Proc Nat Acad Sci USA** **97**:3526-3531.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Emel ÜNLÜ
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 10.04.1975- K Maraş
Medeni Durum: Evli
e-mail: emelunlu1995@gmail.com
Yazışma Adresi: Sancak tepe mah. Ihlara sok. No:8/21 Kocasinan/Kayseri

EĞİTİM

Derece Doktora	Kuru Erciyes Üniversitesi Ziraat Fak Bahçe Bitkileri	Mezuniyet Tarihi 2019-Devam ediyor
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fak Bahçe Bitkileri	2016
Lisans	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak Bahçe Bitkileri	1999
Lise	Tevfik Sırrı Gür Lisesi-Mersin	1992

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2023-Halen	Promoseed Biyoteknoloji A Ş	AR-GE yöneticisi
2003 -2005	Milli Eğitim Bakanlığı	İngilizce öğretmenliği
2005-2006	KAYEMA vakfı	Ziraat Mühendisi
2007-2008	Kayseri Sarıoğlan belediyesi Kırsal kalkınma	Sorumlu Yönetici
2005-2010	Harman Un Fabrikası	AB projesi/ proje
2010-2011	ORAKAB	eğitmeni (2 proje) AB proje eğitim koordinatörü

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

1. Ünlü, E, Yetişir, H, Fidan, H, (2020) Resistance Sources to *Zucchini Yellow Mosaic Virus* in Turkish Bottle Gourd [*Lagenaria siceraria* (Molina) Standl] Germplasm, journal, , 2249-6823, 10, 3, 45-53.
2. Ünlü, E, Yetişir, H, Fidan, H, Türkiye'deki Su Kabak (*Lagenaria siceraria*)'larında *Kabak Sarı Mozaik Virüsü*ne (ZYMV) Dayanıklılık Kaynaklarının Belirlenmesi, Sözlü Bildiri, 12 Uluslararası sebze tarımı sempozyumu, 08 Eylül 2020, 11 Eylül 2020.
3. Dalda Şekerci, A, Ünlü, E (2023) Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (PGPR) Uygulamalarının Kalanço (*Kalanchoe blossfeldiana*) Çeliklerinde Köklenme ve Fide Kalitesine Etkisi Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi 6(1):73-78
4. Yılmaz, S, Ünlü, E, Mamoori, K, Çetin, A., 2022. Indole Acetic Acid (Iaa) Production Potential of Pgpr Bacterial Isolates And Their Effect On Seed Germination In *Zea Mays* L Current Trends in Natural Sciences, 11(22), 90-99 <https://doi.org/10.47068/ctns2022v11i22011>
5. Ünlü, E., Dalda ŞA., Yetişir, H., Yılmaz, S., 2023. Field Trial of PGPR, *Bacillus megaterium* E-U2-1, on some Vegetable Species Biological Sciences Cilt : 17 Sayı : 1 Sayfa : 125-137
6. Yüksel, S.F., Yılmaz, S., Ünlü, E., Gün, B., Karim, A., Toprak, G., 2023. Native *Bacillus nitratireducens* treatment on growth and protein expression profile in *spinacia oleracea* L Current Trends in Natural Sciences Oral raport 18/20 Mayıs 2023 Bükreş Romanya.
7. Unlu, E., Dalda-Sekerci, A., Ozsoy, H., Yetisir, H., 2023. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Applications on agronomic characteristics and protein profile in Pepper (*Capsicum annuum* L) 12th International Molecular Biology and Biotechnology Congress 13-15 December , Kayseri, Türkiye.
8. Ünlü, E., Çalış, Ö., Say, A., Karim, A.A., Yetişir, H., Yılmaz, S., 2023 Investigation of the effects of *Bacillus subtilis* and *Bacillus thuringiensis* as Bio-agents against powdery mildew (*Podosphaera xanthii*) disease in zucchini (*Cucurbita pepo* L) Microbial Pathogenesis 185-106430 <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.106430>

9. Dalda-Sekerci, A., Temur-Cinar, C., Ünlü, E., Fidan, H., Yetisir, H., 2024. Farklı Kabakgil Genotiplerinin Kabak Sarı Mozaik Virüsü (Zucchini Yellow Mosaic Virus-ZYMV)'ne Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(4): 880-891.
10. Dalda-Sekerci, A., Ünlü, E., Effects of AC Phosphatase Gene-Identified Rhizobacteria (PGPR) Strains on Flowering and Flower Quality in Geranium (*Pelargonium* sp.). VIII. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi 14-17 Ekim 2024 Ankara. ISBN: 978-625-367-829-6 <https://susbitkileri.ankara.edu.tr>
11. Ünlü, E., Yılmaz, S., Yetişir, H., Karim, A.A., Gün, B., Idris, A.B., 2024. Characterization of multi-trait plant growth-promoting rhizobacteria isolated from alfalfa rhizosphere and evaluation of their efficacy on tomato and watermelon growth. Discover Agriculture. 2:117 <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00125-z>
12. Yılmaz, S., Idris, A.B., Temizgül, S., Gökdoğan, Ü.F., Karim, A.A., Ünlü, E., Gün, B., Mamoori, K., Mohammed, M.B., 2024. Bioinformatics insights into genes responsible for plant growth promotion, fungicidal, and insecticidal activities in *Bacillus thuringiensis* strains. 9th International Entomopathogens and Microbial Control Congress. 28-31 October, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye. Page 77. www.emc24.com.tr
13. Temizgül, S., Idris, A.B., Mamoori, K., Ünlü, E., Yılmaz, S., 2024. *Bacillus* suşları tarafından üretilen antimikrobiyal biyosüpfaktanların biyolojik aktiviteleri. Özet bildirimi, Uluslararası Bilimsel Sempozyum, Doğa Bilimlerinde Güncel Eğilimler, 16-18 Mayıs 2024.