



T.C.  
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TARIMDA BİYOLOJİK GÜBRE OLARAK  
KULLANILACAK PGPR (BİTKİ GELİŞİMİNİ  
TEŞVİK EDİCİ RİZOBAKTERİLER) ÖZELLİKLİ  
BAKTERİLERİN KIRŞEHİR İLİNDEKİ  
TOPRAKLARDAN İZOLASYONU VE BAZI  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Murat GÜLER**

**DOKTORA TEZİ**

**KIRŞEHİR/ 2022**



T.C.  
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TARIMDA BİYOLOJİK GÜBRE OLARAK  
KULLANILACAK PGPR (BİTKİ GELİŞİMİNİ  
TEŞVİK EDİCİ RİZOBAKTERİLER) ÖZELLİKLİ  
BAKTERİLERİN KIRŞEHİR İLİNDEKİ  
TOPRAKLARDAN İZOLASYONU VE BAZI  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Murat GÜLER**

**DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ**

**KIRŞEHİR/ 2022**

## TEZ BİLDİRİMİ

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

Bu çalışma Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri biriminin ZRT.A4.20.012, ZRT.A4.21.017, ZRT.A4.22.005 numaralı projeler ile desteklenmiştir.

MURAT GÜLER



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.





## ÖNSÖZ

Her çabanın meyvesi muhakkak alınır. Yeter ki sabır, sebat, emek ve dikkat olsun...Laboratuvar ve kütüphane arasında mekik dokumak suretiyle sıkı ve disiplinli bir gayretin ürünü olan bu çalışmayı hazırlarken beni hep motive eden, attığı temelle bundan sonraki akademik hayatımın tamamında yetecek donanımı kazanmamı sağlayan tevazu sahibi ve son derece müşfik olan hocam Sayın Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ'ye özverisi için hassaten müteşekkirim. Ayrıca destek ve uyarıları ile yardımcı olan, en anlamlısı tecrübelerini benimle her daim paylaşan Prof. Dr. Makbule ERDOĞDU'ya, yol göstericilikleri için Dr. Öğr. Üyesi Aysel KEKİLLİOĞLU'ya şükranlarımı ifade etmeyi bir borç bilirim. İzolatlarımızın teşhisinde bize destek veren T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarı elemanı Dr. Kimyager Yasemin NUMANOĞLU ÇEVİK'e teşekkür ederim. Hayat boyu emeklerini asla ödeyemeyeceğim, verdikleri ilgi ve desteği ifade etme noktasında kalemimin kifayetsiz kalacağı aile efrâdım; kıymetli babam Hasan GÜLER ve annem Ayşe GÜLER'e, sevgili eşim, hayat yoldaşım, Hatice GÜLER ve biricik oğlum Hasan Sina GÜLER'e teşekkür ederim. Veri toplama aşamasında sahada yanımda birinin bulunması benim için büyük bir nimetti bu konuda bana yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Sadi SARAY'a çok teşekkür ederim.

Aralık 2022

Murat GÜLER

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>ÖNSÖZ</b> .....	iv
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	v
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	x
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	xii
<b>SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ</b> .....	xiv
<b>ÖZET</b> .....	xvi
<b>SUMMARY</b> .....	xviii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Bitki Rizosferi ve Rizosferdeki Çeşitlilik.....	3
1.2. Bitki Büyümesini ve Gelişimini Teşvik eden Bakteriler (PGPR).....	5
1.3. Bitki Büyümesini ve Gelişimini Teşvik eden Doğrudan mekanizmalar.....	10
1.3.1. Azot Fiksasyonu.....	10
1.3.2. Fosfat Çözünürlüğü.....	14
1.3.3. Fitohormon Üretimi.....	18
1.3.3.1. Sitokinin Üretimi.....	18
1.3.3.2. Oksin Üretimi.....	20
1.3.3.3. Giberellin Üretimi.....	22
1.3.3.4. 1-Aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz Üretimi.....	25
1.4. Bitki Büyümesini ve Gelişimini Teşvik Eden Dolaylı Mekanizmalar.....	27
1.4.1. HCN Üretimi.....	27
1.4.2. Siderofor Üretimi.....	29
1.4.3. Antibiyotiklerin ve Bakteriyosinlerin Üretimi.....	32
1.4.4. Litik Enzim Üretimi.....	37
1.4.5. Uyarılmış Sistemik Direnç (ISR).....	38
1.5. Biyogübre Olarak Kullanılan PGPR'lar.....	40
1.6. PGPR Ağır Metal Dirençliliği.....	48
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	53
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	63
<b>3.1. MATERYAL</b> .....	63
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	63

	<b>Sayfa No</b>
3.1.2. Bitki Rizosfer ve Bakir Toprak Örnekleri.....	<b>63</b>
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kontrol Suşu.....	<b>70</b>
3.1.4. Çalışmada Kullanılan Alet ve Cihazlar.....	<b>70</b>
3.1.5. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri.....	<b>70</b>
3.1.5.1. Nutrient Agar.....	<b>70</b>
3.1.5.2. Nutrient Broth.....	<b>70</b>
3.1.5.3. Tyryptic Soy Broth (TSB).....	<b>71</b>
3.1.5.4. Patates Dekstroz Agar (PDA).....	<b>71</b>
3.1.5.5. Nişasta Agar Besiyeri.....	<b>71</b>
3.1.5.6. Skimmilk Agar Besiyeri.....	<b>72</b>
3.1.5.7. Simmons Sitrat Agar Besiyeri.....	<b>73</b>
3.1.5.8. Jelatin Agar Besiyeri.....	<b>73</b>
3.1.5.9. Katı Burk's N-free Besiyeri.....	<b>73</b>
3.1.5.10. Yarı-katı JNFb Besiyeri.....	<b>74</b>
3.1.5.11. NBRIP (National Botanical Research Institute's Phosphate) Besiyeri...	<b>75</b>
3.1.5.12. CAS Blue Agar.....	<b>75</b>
3.1.6. Kullanılan Boyalar.....	<b>76</b>
3.1.6.1. Kristal Viyole.....	<b>76</b>
3.1.6.2. Safranin.....	<b>77</b>
3.1.7. Kullanılan Tampon ve Çözeltiler.....	<b>77</b>
3.1.7.1. Lugol Çözeltisi (Gram İyot Çözeltisi).....	<b>77</b>
3.1.7.2. KOH Çözeltisi (%3'lük).....	<b>78</b>
3.1.7.3. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Çözeltisi (%3'lük).....	<b>78</b>
3.1.7.4. Gliserol.....	<b>78</b>
3.1.7.5. Tetrametil-p-enilendiamin Çözeltisi (%1'lik).....	<b>78</b>
3.1.7.6. Salkowski Ayırıcı.....	<b>78</b>
3.1.8. Kullanılan Ağır Metaller.....	<b>79</b>
<b>3.2. YÖNTEM.....</b>	<b>80</b>
3.2.1. Bitki Kök Rizosfer Toprağı Örneklerinden Bakteri İzolasyonu ve Saflaştırılması.....	<b>80</b>
3.2.2. İzolatların Muhafaza Edilmesi.....	<b>85</b>
3.2.3. İzolatların Morfolojik Karakterizasyonu.....	<b>85</b>

	<b>Sayfa No</b>
3.2.3.1. Gram Boyama.....	85
3.2.3.2. Hareketlilik Testi.....	86
3.2.4. İzolatların Biyokimyasal Testleri.....	86
3.2.4.1. Katalaz Testi.....	86
3.2.4.2. Oksidaz Testi.....	86
3.2.4.3. %3'lük KOH testi .....	87
3.2.5. MALDI-TOF-MS Yöntemi.....	87
3.2.5.1. Direk Transfer Örnek Hazırlama Yöntemi.....	88
3.2.5.2. Uygulama Alanı.....	88
3.2.5.3. Bruker HCCA Çözünme İşlemi.....	88
3.2.6. İzolatların Ekstraselüler Enzim Tarama Testleri.....	90
3.2.6.1. Amilaz Aktivitesi.....	90
3.2.6.2. Proteaz Üretimi.....	90
3.2.6.3. Sitrat Testi.....	90
3.2.6.4. Jelatinaz Aktivitesi.....	91
3.2.7. İzolatların Bitki Büyümesini Teşvik Edici Özelliklerinin (PGP) belirlenmesi.....	91
3.2.7.1. İzolatların Azot Fiksasyon Yeteneklerinin Belirlenmesi.....	91
3.2.7.2. İzolatların Azot Fiksasyon Yeteneklerinin Doğrulanması.....	92
3.2.7.3. İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	92
3.2.7.4. Siderofor Üretimi Yapan İzolatların Belirlenmesi.....	92
3.2.7.5. HCN Üretimi Yapan İzolatların Belirlenmesi.....	92
3.2.7.6. İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretimi Yapan İzolatların Belirlenmesi.....	93
3.2.8. Ağır Metal Dirençlilik Düzeylerinin Belirlenmesi.....	93
3.2.9. İzolatların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi.....	94
3.2.9.1. Patojen Fungus İzolasyonu.....	94
3.2.9.2. Fungus İzolatlarının Patojenite Testi.....	95
3.2.9.3. Patojen fungusun makroskopik ve Mikroskopik tanısı.....	95
3.2.9.4. İzolatların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi.....	95

	Sayfa No
3.2.10. Sonuçların Analiz Edilmesi.....	96
<b>4. BULGULAR</b> .....	<b>97</b>
4.1. Toprak Örneklerinin Alınması.....	97
4.2. İzolatların Tanısı ve Karakterizasyonu.....	114
4.2.1. İzolatların Morfolojik Test Sonuçları.....	114
4.2.2. İzolatların Biyokimyasal Test Sonuçları.....	118
4.3. İzolatların MALDI-TOF MS (Matriks Assisted Lazer Desorption İonization Time of Flight Mass Spectrometry) Test Sonuçları.....	123
4.4. İzolatların Ekstraselüler Enzim Test Sonuçları.....	132
4.5. İzolatların Bitki Büyümesini Teşvik Edici Özellikleri (PGP).....	140
4.5.1. İzolatların Azot Fikse Etme Potansiyelleri.....	140
4.5.2. İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Potansiyelleri.....	143
4.5.3. İzolatların Siderofor Üretme Potansiyelleri.....	147
4.5.4. İzolatların HCN Üretme Potansiyelleri.....	151
4.5.5. İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Potansiyelleri.....	154
4.6. İzolatların Ağır Metal Dirençliliği.....	158
4.6.1. Kobalt Ağır Metal Dirençliliği.....	159
4.6.2. İzolatların Çinko (ZnSO <sub>4</sub> ) Ağır Metal Dirençliliği.....	168
4.6.3. İzolatların Bakır (CuSO <sub>4</sub> ) Ağır Metal Dirençliliği.....	177
4.7. İzolatların Antifungal Aktivite Sonuçları.....	186
4.7.1. Fungus İzolasyonu.....	186
4.7.2. Fungus İzolatlarının Patojenite Testi.....	186
4.7.3. İzolatların Antifungal Aktivite Sonuçları.....	187
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....	<b>189</b>
5.1. İzolatların Elde Edildiği Bitkiler ve Elde Edilen İzolatlar Hakkındaki Değerlendirmeler.....	190
5.2. İzolatların Morfolojik ve Biyokimyasal Testlerinin Değerlendirilmesi.....	191
5.3. İzolatların MALDI-TOF MS Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	196
5.4. İzolatların Ağır Metal Dirençliliklerinin Değerlendirilmesi.....	198
5.5. İzolatların Antifungal Etkilerinin Değerlendirilmesi.....	201
5.6. İzolatların PGP Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	203

	<b>Sayfa No</b>
<b>SONUÇ</b> .....	<b>211</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>214</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>252</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Bitki Gelişimine Katkı Sağlayan Mekanizmalar.....	10
Şekil 1.2. Biyolojik Azot Fiksasyonu.....	11
Şekil 1.3. Nitrojeniz Enzim Kompleksi.....	13
Şekil 1.4. PGPR Tarafından Topraktaki Fosforun Çözünmesi.....	17
Şekil 1.5. Zeatin ve Adenin Kimyasal Yapısı.....	18
Şekil 1.6. Sitokin Biyosentezi.....	19
Şekil 1.7. Difeniüre Sitokin Yapısı.....	19
Şekil 1.8. Triptofan Bağımlı IAA Sentezi.....	21
Şekil 1.9. Giberellin (GA1 ve GA3) Yapısı.....	23
Şekil 1.10. ACC deaminaz Enzim Aktivitesi.....	27
Şekil 1.11. HCN Sentaz Aracılığıyla HCN Üretimi.....	28
Şekil 1.12. Siderofor Yapısı.....	29
Şekil 1.13. Gram (-) (a) ve Gram (+) Bakterilerin (b) Siderofor-Aracılı Demir Alımı.....	30
Şekil 1.14. Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Bakteriosinler.....	36
Şekil 1.15. Rizobakterilerin Aracılık Ettiği ISR Sinyal İletimi.....	40
Şekil 1.16. Ağır Metallerin Hücreye Verdiği Zararlar.....	49
Şekil 3.1. Toprak Numunelerinin Alındığı Lokasyonlar.....	80
Şekil 3.2. Toprak Numunelerinin Alındığı Lokasyonların Uydu Görüntüsü.....	81
Şekil 3.3. Toprak Numunelerinin Alındığı Bölgeler.....	82
Şekil 3.4. Bakteri İzolasyon Çalışmaları.....	82
Şekil 3.5. Toprak Numunelerinin Seri Dilüsyon Çalışmaları.....	83
Şekil 3.6. Naseem ve Bano (2014) Tarafından Belirtilen Seri Dilüsyon Metodu .....	84
Şekil 3.7. Saf Kültür Örnekleri.....	84
Şekil 3.8. MALDI-TOF MS Cihaz Görüntüsü.....	89
Şekil 3.9. MALDI-TOF MS Çalışma Yöntemi.....	89
Şekil 4.1. Toprak Numunelerinden Elde Edilen Saf İzolatlar .....	110
Şekil 4.2. İzole Edilen Bakterilerin Gram Boyama Görüntüleri .....	118
Şekil 4.3. İzolatların Cinsine Bağlı İçerdikleri Tür Sayı Diyagramı.....	129
Şekil 4.4. İzolatların Cinsine Bağlı İçerdikleri % Tür Dağılımları .....	130

Şekil 4.5. Elde Edilen İzolatların Amilaz Test Görüntüleri.....	136
Şekil 4.6. Elde Edilen İzolatların Sitrat Test Görüntüleri.....	137
Şekil 4.7. Elde Edilen İzolatların Proteaz Test Görüntüleri.....	138
Şekil 4.8. Elde Edilen İzolatların Jelatin Hidroliz Test Görüntüleri.....	139
Şekil 4.9. İzolatların Azotsuz Besiyerinde Gelişmeleri .....	143
Şekil 4.10. İzolatların Azot Fikse Etme Potansiyelleri.....	143
Şekil 4.11. İzolatların İnorganik Fosfat Çözücülüğü.....	146
Şekil 4.12. İzolatların Fosfatı Çözme Görüntüleri.....	146
Şekil 4.13. İzolatların CAS Blue Agar'da Oluşturdukları Zonlar.....	151
Şekil 4.14. İzolatların HCN Üretme Görüntüleri .....	154
Şekil 4.15. İzolatların IAA Üretme Görüntüleri.....	157
Şekil 4.16. İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Potansiyelleri.....	158
Şekil 4.17. İzolatların Kobalt Dirençliliği.....	159
Şekil 4.18. İzolatların Kobalt Dirençlilik Görüntüleri.....	162
Şekil 4.19. İzolatların Çinko Dirençliliği.....	168
Şekil 4.20. İzolatların Çinko Dirençlilik Görüntüleri.....	171
Şekil 4.21. İzolatların Bakır Dirençliliği .....	177
Şekil 4.22. İzolatların Bakır Dirençlilik Görüntüleri.....	180
Şekil 4.23. Enfekte Patates Örnekleri ve Saf <i>Fusarium</i> sp.....	186
Şekil 4.24. Sağlıklı patatesler, <i>Fusarium</i> sp. ile Enfekte Olmuş Patatesler ve İnokülasyondan 10 Gün Sonra Hastalıklı Patatesler.....	186
Şekil 4.25. In Vitro Petri Denemelerinde <i>Fusarium</i> sp. Patojenine Karşı Test Edilen Bakteri İzolatlarının Etkinlikleri .....	187
Şekil 4.26. İzolatların Antifungal Aktivite Sonucu.....	188



## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
<b>Tablo 1.1.</b> Çeşitli Bitki Türlerinin Salgıladıkları Kök Sızıntıları.....	4
<b>Tablo 1.2.</b> Bitki Gelişimini Artıran Çeşitli Mikroorganizmalar ve Etki Mekanizmaları.....	7
<b>Tablo 1.3.</b> Bazı PGPR'lar ve Bitki Gelişimine Etkileri.....	8
<b>Tablo 1.4.</b> Fosfat Çözen Gram (-) Bakteriler.....	16
<b>Tablo 1.5.</b> Bazı PGPR'lar Tarafından Üretilen Gibberellinler.....	24
<b>Tablo 1.6.</b> ACC Deaminaza Sahip Mikroorganizmaların Bitkilerde Meydana Getirdiği Değişiklikler.....	26
<b>Tablo 1.7.</b> Bazı Mikroorganizmalar Tarafından Üretilen Sideroforlar.....	31
<b>Tablo 1.8.</b> PGPR Tarafından Üretilen Antibiyotikler ve Hedef Patojenler.....	34
<b>Tablo 1.9.</b> Siyanobakteri Tarafından Üretilen Bazı Bitki Gelişimini Teşvik Eden Hormonlar.....	43
<b>Tablo 3.1.</b> Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler.....	64
<b>Tablo 3.2.</b> Kullanılan Ağır Metallerin Formülleri.....	79
<b>Tablo 4.1.</b> Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No .....	98
<b>Tablo 4.2.</b> İzolatların Morfolojik Özellikleri.....	114
<b>Tablo 4.3.</b> İzolatların Biyokimyasal Testleri.....	119
<b>Tablo 4.4.</b> İzolatların MALDI-TOF MS Test Sonuçları.....	123
<b>Tablo 4.5.</b> İzolatların Cins, Tür Adı ve Sayıları .....	126
<b>Tablo 4.6.</b> Bitki Rizosferlerinden Elde Edilen İzolatlar.....	131
<b>Tablo 4.7.</b> İzolatların Ekstraselüler Enzim Test Sonuçları.....	132
<b>Tablo 4.8.</b> İzolatların Azot Fiksasyon Sonuçları.....	141
<b>Tablo 4.9.</b> İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Sonuçları.....	144
<b>Tablo 4.10.</b> İzolatların Siderofor Üretme Sonuçları.....	147
<b>Tablo 4.11.</b> İzolatların Siderofor Potansiyellerinin Karşılaştırılması.....	149
<b>Tablo 4.12.</b> İzolatların HCN Üretme Sonuçları.....	152
<b>Tablo 4.13.</b> İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Sonuçları.....	155
<b>Tablo 4.14.</b> <i>P. aeruginosa</i> Suşuna Ait Zon Çapları.....	158

	Sayfa No
<b>Tablo 4.15.</b> İzolatların Kobalt Dirençlilikleri.....	160
<b>Tablo 4.16.</b> Kobalt Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi.....	163
<b>Tablo 4.17.</b> İzolatların Çinko Dirençlilikleri.....	169
<b>Tablo 4.18.</b> Çinko Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi.....	172
<b>Tablo 4.19.</b> İzolatların Bakır Dirençlilikleri.....	178
<b>Tablo 4.20.</b> Bakır Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi.....	181
<b>Tablo 4.21.</b> İzolatların <i>Fusarium</i> sp.'ye Karşı Etkinlikleri.....	187
<b>Tablo 4.22.</b> In Vitro Koşullarda Test Edilen İzolatların Antifungal Aktivite İstatistiksel Sonucu.....	188
<b>Tablo 5.2.1.</b> Bazı PGPR bakterilerinin Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	191
<b>Tablo 5.2.2.</b> Bazı PGPR bakterilerinin Biyokimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	194
<b>Tablo 5.2.3.</b> Bazı PGPR bakterilerinin Ekstraselüler Enzim Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	195
<b>Tablo 5.2.4.</b> Bazı PGPR bakterilerin MALDI-TOF MS Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	196
<b>Tablo. 5.5.1.</b> Bazı PGPR Bakterilerin Antifungal Özelliklerinin Karşılaştırılması...	201
<b>Tablo 5.6.1.</b> Bazı PGPR Bakterilerin Azot Fiksasyonu ve Fosfat Çözücü Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	204
<b>Tablo 5.6.2.</b> Bazı PGPR Bakterilerinin IAA, HCN, Siderofor Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	207

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

<b>ABC:</b>	ATP'ye bağlı kaset taşıyıcıları
<b>ACC:</b>	Aminosiklopropan-1-karboksilat
<b>ADP:</b>	Adenozin Di Fosfat
<b>AMF:</b>	Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Arbüsküler Mikorizal Fungi)
<b>AMP:</b>	Adenozin Mono Fosfat
<b>APX:</b>	Askorbat Peroksidaz
<b>BNF:</b>	Biological Nitrogen Fixation:
<b>BPB:</b>	Bromphenol Blue
<b>°C:</b>	Santigrat Derece
<b>CFU:</b>	Colony Forming Unit (Koloni Oluşturan Birim)
<b>CAS:</b>	Chorome Azurol S
<b>CAT:</b>	Katalaz
<b>DAPG:</b>	2,4 Diacetyl Phloro Glucinol
<b>ddH<sub>2</sub>O:</b>	Deiyonize Distile Su
<b>DMAPP:</b>	Dimetilallil Difosfat
<b>EDTA:</b>	Ethylene Diamine Tetra Asetik Asit
<b>ePGPR:</b>	Extracellular Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Hücre Dışı Bitki Büyümesini Teşvik Edici Rizobakteriler)
<b>EPS:</b>	Exopolisaccharides (Eksopolisakkaritler)
<b>GA:</b>	Gibberellinler
<b>GC-MS:</b>	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
<b>g/l:</b>	Gram/litre
<b>IAA:</b>	Indol-3-Asetik Asit
<b>IBA:</b>	Indol-3-Butyric Acid (İndol-3-Bütirik Asit)
<b>iPGPR:</b>	Intracellular Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Hücre İçi Bitki Büyümesini Teşvik Edici Rizobakteriler)
<b>IPT:</b>	IsoPentenylTransferase
<b>ISR:</b>	Uyarılmış Sistemik Direnç

<b>LAB:</b>	Laktik Asit Bakteriler
<b>LOX:</b>	Lipoksijenaz
<b>M:</b>	Molar
<b>Meat Ekstrakt:</b>	Et Özütü
<b>MIC:</b>	Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu
<b>mg:</b>	Miligram
<b>ml:</b>	Mililitre
<b>NAA:</b>	Naftalin Asetik Asit
<b>NBRIP:</b>	National Botanical Research Institute's Phosphate Besiyeri
<b>nm:</b>	Nanometre
<b>NOAA:</b>	Naftoksi Asetik Asit
<b>PAL:</b>	Fenilalanin Amonyak Liyaz
<b>PCA:</b>	Phenazine-1-Carboxylic Acid
<b>PDA:</b>	Patates Dekstroz Agar
<b>PGPB</b>	Bitki Büyümesini Teşvik Eden Bakteriler
<b>PLP:</b>	Piridoksal Fosfat
<b>PPO:</b>	Polifenol Oksidaz
<b>SOD:</b>	Süperoksit Dismutaz
<b>SDS:</b>	Sodyum Dodesil Sülfat
<b>TSA:</b>	Tryptone Soy Agar
<b>TSB:</b>	Tyrtic Soy Broth
<b>%:</b>	Yüzde
<b>µg:</b>	Mikrogram
<b>µm:</b>	Mikrometre
<b>Yeast Ekstrakt:</b>	Maya özütü

# ÖZET

## DOKTORA TEZİ

### TARIMDA BİYOLOJİK GÜBRE OLARAK KULLANILACAK PGPR (BİTKİ GELİŞİMİNİ TEŞVİK EDİCİ RİZOBAKTERİLER) ÖZELLİKLİ BAKTERİLERİN KIRŞEHİR İLİNDEKİ TOPRAKLARDAN İZOLASYONU VE BAZI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Murat GÜLER**

**Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ**

Dünya nüfusunun giderek artması besine olan ihtiyacı da artırarak tarımsal verimin önemini daha ön plana çıkarmış ve sürdürülebilir tarımsal stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır. Geleneksel tarımda kullanılan kimyasal gübreler yerine çevreye ve doğaya zarar vermeyen biyogübrelerin kullanımı ekolojik tarımın odak noktası haline gelmiş ve yeşil üretim politikaları ivme kazanmıştır. Bu çalışmada; Kırşehir ili ve ilçelerinde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı topraklardan biyolojik gübre (mikrobiyal gübre) potansiyeli olabilecek PGPR özellikli bakterilerin izolasyonu, tanılanması ve bunların PGP (Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri) özelliklerinin belirlenmesi ve böylece ilimizin yerel mikrobiyal gübre envanterinin çıkarılması hedeflenmiştir. Bu amaçla; 56 farklı cinse ait 142 adet bakteri izole edilmiş, bunların MALDI-TOF MS yöntemi ile tanısı yapılarak PGP özellikleri (IAA üretimi, azot fiksasyonu, fosfor çözme, siderofor, HCN üretimi), ekstraselüler enzim testleri, ağır metal dirençlilikleri, antifungal aktiviteleri belirlenmiştir. İzolatlarımızın 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 değerlendirilmektedir. MH 28-1, MH 19-2, MH 25-16, MH 24-1, MH 29-1, MH 23-7 izolatlarının ise *Fusarium* sp.'ye karşı antifungal aktivite gösterdikleri belirlenmiştir.

Ayrıca ağır metal dirençlilik verileri incelendiğinde; MH 43-3'ün kobaltın tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu, 6 izolatın (MH 57-7, MH 38-1, MH 21-4, MH 15-4, MH 19-3, MH 26-8) çinkonun tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu ve 13 izolatın ise (MH 51-8, MH 38-1, MH 35-5, MH 21-4, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 36-7, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5, MH 25-16) bakırın tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu tespit edilmiştir.

Aralık-2022 251 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakteriler, Biyogübre (Mikrobiyal Gübre), MALDI-TOF MS, Azot Fiksasyonu, Ağır Metal

## **ABSTRACT**

### **Ph.D. THESIS**

# **ISOLATION AND DETERMINATION OF PGPR (PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA)-SPECIFIC BACTERIA TO BE USED AS BIOLOGICAL FERTILIZER IN SOILS FROM KIRŞEHİR PROVINCE**

**Murat GÜLER**

**Kırşehir Ahi Evran University  
Graduate School of Sciences and Engineering  
Department of Biology**

**Supervisor: Prof. Dr. Hatice ÖĞÜTCÜ**

The gradual increase in the world population has increased the need for food, bringing the importance of agricultural productivity to the fore and sustainable agricultural strategies have been started to be developed. The use of biofertilizers that do not harm the environment and nature instead of chemical fertilizers used in traditional agriculture has become the focal point of ecological agriculture and green production policies have gained momentum. In this study; It is aimed to isolate and identify PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) bacteria that may have biological fertilizer (microbial fertilizer) potential from the soils where agricultural activities are carried out in Kırşehir province and its districts, and to determine their PGP (Plant Growth Promoting) properties and thus to draw up the local microbial fertilizer inventory of our province. For this purpose; 142 bacteria belonging to 56 different genera were isolated and their diagnosis was made by MALDI-TOF MS method. Then, PGP properties (IAA production, nitrogen fixation, phosphorus dissolution, siderophore, HCN production), extracellular enzyme tests, heavy metal resistance, antifungal activities were determined. Among our isolates, MH 60-3, MH

60-1, MH 63-7, MH 46-9, MH 58-6, MH 53-2, MH 19-2, which are positive especially in terms of phosphate dissolution, nitrogen fixation, and siderophore production, Their potential for use in the production of microbial fertilizers is quite high. It was determined that MH 28-1, MH 19-2, MH 25-16, MH 24-1, MH 29-1, MH 23-7 isolates showed antifungal activity against *Fusarium* sp.

In addition, when the heavy metal resistance data is examined; MH 43-3 was resistant to all concentrations of cobalt, 6 isolates (MH 57-7, MH 38-1, MH 21-4, MH 15-4, MH 19-3, MH 26-8) were resistant to zinc. 13 isolates (MH 51-8, MH 38-1, MH 35-5, MH 21-4, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 36-7, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5, MH 25-16) was found to be resistant to all concentrations of copper.

December, 2022 251 pages

**Key words:** Plant Growth Promoting Bacteria, Biofertilizer (Microbial Fertilizer), MALDI-TOF MS, Nitrogen Fixation, Heavy Metal



## 1.GİRİŞ

Tarım, insanlık tarihinde avcılık ve toplayıcılıktan sonra gelen ve toplumları birçok yönden etkileyen büyük bir dönüm noktasıdır. Bu dönüm noktasıyla beraber tarım, getirdiği birçok olguyla hayatımızda yerini alan ve önemini yüzyıllarca yitirmeyen bir insanlık ürünüdür. Zamanla gelişen ve değişen toplumlar beraberinde getirdikleri hızlı nüfus artışıyla önemli değişikliklere neden olmuşlardır. Bu değişikliklerden en önemlisi sanayileşmeyle beraber değişen ihtiyaçlara yönelik, dünyanın her yerinde uygulanan geleneksel tarımın sürdürülmesinde de farklılıklara gidilmesini zorunlu hale getirmiştir. Tarımın yön verdiği insanlık zamanla tarıma yön vermeye başlamıştır. İnsanlar ürettikleri ürünlerden daha fazla verim alabilmek için insan sağlığını hiçe saysa da farklı uygulamalar denemekten kaçınmamışlardır. Bu farklı uygulamalar sonucu tarımsal üretim istenilen oranda artsa da ortaya çıkardığı sonuçlar bakımından doğanın ve çevrenin tahribatına yol açmış, çevre kirliliğini artırarak doğal dengenin bozulmasına yol açmıştır. Daha fazla verim alabilmek amacıyla yapılan zararlı uygulamalara örnek olarak toprakta gereğinden fazla ve uzun süreli kimyasal gübre kullanımı verilebilir. Gereğinden fazla kullanılan gübreler zamanla topraktaki mikroorganizmaların etkinliğinin bozulmasına, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimine, sera gazı etkisine ve ağır metal birikimlerine neden olmaktadır. Aynı zamanda bir diğer etki ise aşırı miktarda azotlu gübre kullanılmasıdır. Bunun sonucunda oluşan  $N_2O$  ve  $NO$  gibi gazlar stratosferde yer alan ozonun yapısını bozarak parçalanmasına yol açmaktadır (Sönmez ve ark., 2008). Ayrıca kimyasal gübreler toprakta besin maddesi dengesini bozarak burada yaşayan simbiyotik yolla azot fikse eden bakterilere, solucanlara ve birçok mikroorganizmaya tahrip edici etkide bulunmakta hatta çoğu zaman öldürücü etkiye sahip olmaktadır.

Bunlara ilaveten zararlılarla mücadele amacıyla pestisidlerin aşırı kullanımı sonucunda da içme sularına, hayvanların bünyesine, bitki köklerine, havaya, toprağa geçerek çevreye ve insan sağlığına olumsuz yönde etkiler gözlenmektedir. Bu zirai ilaçlar ve kalıntılarıyla mücadele küresel bir sorun haline gelmiş ve devletler kendi önlemlerini almak zorunda kalmışlardır. Gelişmiş birçok ülkede üretici ve tüketiciler bir araya gelerek ekolojik dengeyi bozmadan, çevreyi kirletmeden, insan sağlığında toksik etkiler yapmayan doğa dostu ürünler elde etmeye başlamışlardır. Ekolojik tarım veya akılcı tarım uygulamaları

dediğimiz bu yöntemler biyolojik tarım olarak da adlandırılabilir. Kimyasal ürünlerin kullanımına karşın alternatif ürünlerin geliştirilmesi ve kullanılması, sürdürülebilir tarım ve çevrenin korunması açısından büyük önem arz etmektedir.

Bununla ilgili çalışmalar ve farkındalık etkinlikleri “iyi tarım” adı altında Tarım ve Orman Bakanlığı’nca yürütülmekte ve zararlar en aza indirgenmeye çalışılmaktadır (Gökhan ve ark., 2016). Bahsedilen çalışmalara ek olarak tarımda çevreye ve insan sağlığına yararlı yeni yöntemlerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar devam etmektedir. Bu çalışmalardan biri de ürünlerin verimini artırmada önemli etkisi olan ve çevreye olumsuz etkileri bulunmayan mikrobiyal formülasyonlar (inokulantlar) dır. Üzerinde yaşadığımız toprak yalnızca gözle görülen canlılara değil tonlarca mikroorganizmaya da ev sahipliği yapmaktadır. Toprak içerisinde çok sayıda mantar, alg, protozoalar, mikroskopik omurgasızlar ve bakteriler bulundurmaktadır. Bitki kök sisteminin etrafını çevreleyen ve milyonlarca mikroorganizmanın bulunduğu bu yaşam alanına rizosfer adı verilmektedir (Tabassum ve ark., 2017).

Bitki kökleri tarafından salgılanan amino asitler, şekerler, aromatik asit gibi bazı maddeler, rizosferde bulunan bakteriler için iyi bir enerji, besin tedariki sağlar ve burada bölge dışına göre daha fazla mikrobiyal popülasyonun gelişmesine neden olur (Haas ve Defago 2005). *Bacillus* spp., *Azospirillum* spp., *Burkholderia* spp., *Enterobacter* spp., *Rhizobium* spp., *Erwinia* spp., *Flavobacterium* spp., *Proteus* spp., *Azotobacter* spp., *Pseudomonas* spp., *Serratia* spp. ve *Xanthomonas* spp. zengin rizosfer kolonizasyonu sergileyen rizosfer biyotasının ayrılmaz parçalarıdır. Rizosferik kolonizasyon, mikroorganizmaların biyofertilizasyon, fitoremediasyon ve biyokontrol gibi birçok yararlı amaçlar için kullanılmasında çok önemli bir yapı olarak kabul edilir (Glick, 1995).

Kloepper ve Schroth (1978), bitki köklerini rekabetçi bir şekilde kolonize eden ve büyümeyi uyarıcı ve böylece bitki hastalıklarının insidansını azaltan toprak bakteri topluluğuna 'rizo bakteri' ismini vermiştir. Kloepper ve Schroth (1981), bu yararlı rizobakterileri bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) şeklinde ifade etmiştir. "Biyogübre" veya daha uygun bir ifadeyle "Mikrobiyal aşılama" terimi genel olarak tohumlara, toprağa veya kompostlama alanlarına uygulama için kullanılan, azot sabitleyici, fosfat çözücü veya selüloolitik mikroorganizmaların verimli suşlarının canlı veya gizli hücrelerini içeren preparat olarak tanımlanabilir. Bu tür formülasyonlar bitkiler tarafından kolayca özümselebilen besinlerin mevcudiyetini artıran bu mikrobiyal süreci hızlandırır.

Biyogübre, kimyasal gübreleri desteklemek için düşük maliyetli, etkili ve yenilenebilir bitki besin kaynaklarıdır. Biyogübreler, tam anlamıyla mahsul bitkilerine doğrudan besin sağlayan gübreler değildir. Bunlar bakteri, mantar gibi mikroorganizma kültürleridir. Bu nedenle biyogübrede kritik girdi mikroorganizmalar olup daha fazla azot fiksasyonu veya topraktaki besin mevcudiyetini iyileştirerek dolaylı olarak bitkilere yardımcı olurlar. Biyogübre olarak bakteriler, mantarlar ve mavi yeşil algler kullanılmakta olup bu organizmalar topraktaki aktivitelerini arttırmak için bitkinin rizosferinde yoğunlaşırlar. Sürdürülebilir tarımsal üretim, büyük ölçüde iyi toprak sağlığına bağlı olmakla birlikte bunun sağlanması organik ve inorganik maddelerin optimum kombinasyonunun sağlanmasıyla ilişkilidir.

Bu çalışmada; Kırşehir ili ve ilçelerinde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı topraklardan biyolojik gübre olarak kullanılacak PGPR özellikli bakterilerin izolasyonu, tanılanması ve bunların PGP (Bitki Gelişimini Teşvik Edici) özellikleri araştırılmıştır. Bu bağlamda ilimizin mikrobiyal gübre envanterinin çıkarılması amaçlanmıştır.

### **1.1. Bitki Rizosferi ve Rizosferdeki Çeşitlilik**

Bitkilerin mikroorganizmalarla etkileşimi endosfer, filosfer ve rizosfer olmak üzere üç farklı katmanda gerçekleşir. Kök ile toprak arasındaki temas bölgesi toprak rizosferidir. Bu bölge, kelimenin tam anlamıyla bitki köklerini çevreleyen ve bitkinin yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesi için hayati önem taşıyan bir mikroorganizma bulutudur. "Rizosfer" terimi, ilk kez 1904 yılında Lorenz Hiltner tarafından tanımlanmıştır (Shrivastava ve ark., 2015).

Rizosfer, toprağın besin açısından zengin yoğun biyolojik ve kimyasal aktivitelerin gerçekleştiği, bitki kök sisteminin etrafını çevreleyen ve milyonlarca mikroorganizmanın bulunduğu bir yaşam alanıdır (Tabassum ve ark., 2017). Rizosferde bakteriler, mantarlar, nematodlar, protozoalar, algler ve mikro eklembacaklılar gibi birçok canlı bulunur. Bitki kökleri, mekanik destek sağlamanın ve su, besin alımını kolaylaştırmanın yanı sıra çeşitli bileşikler sentezler, biriktirir ve salgılar (Walker ve ark., 2011). Bitki kökleri tarafından üretilen bu bileşikler heterojen yapıda olup aktif olarak kullanılan toprak mikrobiyal toplulukları için kimyasal çekiciler olarak işlev görür. Kökler tarafından toprağa salınan bu kimyasal bileşikler, genellikle kök eksüdatları (sızıntı) olarak adlandırılır. Geniş bir eksüdasyon toprağın fizikokimyasal yapısını değiştirerek kök yüzeyinin hemen

yakınındaki toprak mikrobiyal topluluğunun yapısını şekillendirir. Kök salgıları nedeniyle rizosferde bitkiler ve mikroorganizmalar arasında dolaylı etkileşimler meydana gelir. Sitrik, laktik, süksinik, amidler, malik, oksalik, pirüvik, alifatik ve aromatik asitler, fruktoz, glikoz, ksiloz gibi kök salgıları, enerji açısından zengin karbonhidratlar, köklerden salgılanan kök gelişimi kayganlaştırıcı musijel gibi maddeler topraktaki mikroorganizmaların büyümesi için gerekli besin maddeleridir (Babalola, 2010) (Tablo 1.1).

Aslında, eksüdaların bazıları mikroorganizmalara karşı itici olarak, bazıları ise mikroorganizmaların yerleşmesi için cezbedici olarak görev yaparlar. Bu eksüdaların bileşimi, bitki ve mikroorganizmaların fizyolojik faaliyetlerine ve türlerine bağlıdır. Ayrıca, bu eksüdalar bitki-faydalı simbiyotik etkileşimlerini teşvik eder ve rekabet eden bitki türlerinin büyümesini engeller (Kang ve ark., 2010).

**Tablo 1.1.** Çeşitli Bitki Türlerinin Salgıladıkları Kök Sızıntıları (Ahemad ve Kibret, 2014)

Bileşikler	Kök Sızıntıları
Aminoasitler	Alanin, Asparajin, Aspartat, Sistein, Glutamat, Glisin, İzolösin, Lösin, Lizin, Mtehonin, Serin, Treonin, Prolin, Valin, Triptofan, Ornitin, Histidin, Arjinin, Homoserin, Fenilalanin, Aminobütirik Asit
Organik asitler	Sitrik Asit, Okzalik Asit, Malik Asit, Fumarik Asit, Süksunik Asit, Asetik Asit, Butirik Asit, Glikolik Asit, Piscidik Asit, Formik Asit, Akonitik Asit, Laktik Asit, Pürivik Asit, Glutarik Asit, Malonik Asit, Tetronik Asit, Aldonik Asit, Eritronik Asit
Şekerler	Glikoz, Fruktoz, Galaktoz, Riboz, Ksiloz, Ramnoz, Arabinoz, Deoksiriboz, Oligosakkarit, Raffinoz, Maltoz
Vitaminler	Biotin, Tiamin, Pantotenat, Riboflavin, Niasin
Pürinler ve Nükleozitler	Adenin, Guanin, Sitidin, Uridin
Enzimler	Alkalin Fosfataz, İnvertaz, Amilaz, Proteaz
İnorganik iyonlar ve gaz molekülleri	HCO <sub>3</sub> , OH <sup>-</sup> , H <sup>+</sup> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub>

Kök sızıntısı toprağın yapısını değiştirmesinin yanı sıra toprak mikroorganizmaları için cezbedici ve yararlı, aynı zamanda toprağın mikrobiyal popülasyonunun oluşumunda da oldukça etkilidir. Ayrıca kök sızıntıları bitki ve mikroorganizmaların arasındaki simbiyotik

yaşamı desteklemekle birlikte rekabet halinde olan bitkilerin gelişmesine ise olumsuz yönde etki edebilmektedir (Dakora ve Phillips, 2002).

Bununla birlikte rizosferde ortaya çıkan mikrobiyal aktivite köklenme modellerini ve bitkilere mevcut besinlerin tedarikini etkileyerek kök eksüdalarının kalitesini ve miktarını değiştirir böylece köklenmeyi etkileyip kök sızıntısı oluşumunu artırabilmektedir. Bu bileşikler rizosferde bulunan mikroorganizmalarca karbon ve azot kaynağı olarak metabolize edilip bitkinin yapısına gelişim, büyüme ve farklılaşma için geri alınabilmektedir (Glick, 2012).

Yapılan araştırmalara göre rizosfer kendi içinde 3 bölüme ayrılmıştır (Ahemad ve ark., 2013). Bunlar; rizosfer (toprak), rizoplan (kök ve kılcallar) ve köklerdir. Bahsedilen bitki ve mikroorganizma açısından büyük öneme sahip olan rizosferde, 30.000'den fazla bakteri türü bulunmaktadır. Bu bölgede kolonize olup bölgeyi kendine niş edinen organizmalara rizobakteri denilmektedir (Mendes ve ark., 2011). Bunların buldukları bölgeye göre kök kolonizasyonu; bulunduğu bölgenin toprağındaki kolonizasyona da toprak kolonizasyonu denir (Schippers ve ark., 1995). Rhizoplan ise güçlü bir şekilde yapışan toprak partiküllerini içeren kök yüzeyi olup kökün kendisi sistemin bir bileşenidir, çünkü birçok mikroorganizma (endofitler gibi) kök dokularını da kolonize edebilmektedir (Barea ve ark., 2005).

Rizobakteriler topraktaki besini tamamen bitkinin büyümesi için kullanmakta, çok sayıda düzenleyici üretmekte, bitkiyi tahrip eden fitopatojenlerden korumakta, toprağın yapısını geliştirmekte ve pestisitler gibi zararlı bileşikleri azaltmaktadır (Barea ve ark., 2005). Bu nedenle rizobakteriler toprağın verimliliği ve sürdürülebilir ürünler üretimi için ekosistemdeki yeri oldukça önemli olan mikroorganizmalardır. Rizosferde bulunan bakteri sayısı çok olmasına karşın bu bakterilerin yaklaşık %1'i kültüre alınıp çoğaltılabilmektedir (Schoenborn ve ark., 2004). Bununla birlikte yeni izolasyon yöntemleri ve besin ortamlarının şekillendirilmesiyle bu oran artırılmaya çalışılmaktadır.

## **1.2. Bitki Büyümesini Teşvik Eden Bakteriler (PGPR)**

Bitki köklerinde bulunup bitkinin gelişimi ve büyümesi açısından birçok faydası olan mikroorganizmalara Bitki Gelişimini Teşvik Edici Rizobakteri (PGPR) adı verilmektedir. PGPR terimi ilk defa patojenlere karşı biyokontrol amacıyla kullanılan ve bitkinin gelişimine katkı sağlayan florosan *Pseudomonas*'lar için Kloepper ve ark., (1980)

tarafından kullanılsa da şimdiki anlamıyla Kapulnik ve ark., (1981) tarafından bitki büyümesini direkt teşvik etme özelliğini barındıran rizobakteriler için kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde ise PGPR, bir veya daha fazla mekanizmayla bitkinin büyümesini ve gelişimini sağlayan ve rizosferdeki tüm bakteriler için ifade edilmektedir (Haghighi ve ark., 2011). PGPR'ların bilinen en önemli özelliklerinden bazıları şunlardır:

- Organik fosforu çözebilme
- Bitki hormonu üretme
- Siderofor üretme
- Sistemik dayanıklılığı artırma
- Atmosferdeki serbest azotu bağlayabilme
- IAA, GA<sub>s</sub> ve kinetin gibi fitohormonları bitkiye sağlama
- Oksin üreterek bitkinin etilen seviyesini azaltma

**Tablo 1.2.** Bitki Gelişimini Artıran Çeşitli Mikroorganizmalar ve Etki Mekanizmaları (Chandran ve ark., 2021)

Bitki Gelişimini Teşvik Mekanizması	Mikroorganizma Cinsleri
Azot fiksasyonu	<i>Bacillus, Rhizobium, Azotobacter, Azospirillum, Frankia, Gluconacetobacter, Burkholderia, Azorhizobium, Beijerinckia, Cyanobacteria</i>
Fosfat çözme	<i>Arthrobacter, Burkholderia, Enterobacter, Microbacterium Pseudomonas, Bacillus, Erwinia, Rhizobium, Mesorhizobium, Flavobacterium, Rhodococcus, Serratia</i>
Siderofor üretimi	<i>Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium, Azotobacter, Enterobacter, Serratia</i>
Fitohormon Üretimi	<i>Rhizobium, Bradyrhizobium, Mesorhizobium, Bacillus, Pantoaea, Arthrobacter Pseudomonas, Enterobacter, Burkholderia, Agrobacterium, Xanthomonas, Azospirillum</i>
Antibiyotik Üretimi	<i>Bacillus, Pseudomonas, Burkholderia, Brevibacterium, Streptomyces</i>
Metabolit üretimi	<i>Pseudomonas, Bacillus, Burkholderia, Agrobacterium, Paenibacillus polymyxa, Xanthomonas</i>
Litik enzim üretimi	<i>Bacillus, Pseudomonas</i>
İndüklenmiş sistemik direnç	<i>Pseudomonas, Bacillus, Serratia, Azospirillum, Trichoderma</i>
Stres toleransı	<i>Pseudomonas, Bacillus, Pantoaea, Burkholderia, Rhizobium</i>
Biyokontrol ajanı	<i>Pseudomonas, Bacillus, Trichoderma</i>

**Tablo 1.3.** Bazı PGPR'lar ve Bitki Gelişimine Etkileri (Kumar ve ark., 2018)

<b>Bitki</b>	<b>PGPR</b>	<b>Bitki Gelişimi Üzerindeki Etkisi</b>	<b>Kaynak</b>
<i>Phaseolus vulgaris</i> (Fasulye)	<i>Rhizobium tropici</i> <i>Azospirillum brasiliense</i>	Nodül sayısı, ağırlığı, kök gelişiminde artış	Perez- Montano ve ark., 2013
	<i>Rhizobium spp.</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus megaterium</i>	Nodülasyonda artış, bitki gelişimi, besin alımı, tane veriminde artış	Küçük, 2011 Elkoca ve ark., 2010
<i>Zea mays</i> (Mısır)	<i>Azospirillum brasiliense</i>	Bitki gelişiminde artış	Perez- Montano ve ark., 2013
	<i>Bacillus japonicum</i> <i>Bacillus spp.</i>		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Siderofor, HCN, amonyum üretimi	Ahemad ve Kibret, 2014
<i>Pisum sativum</i> (Bezelye)	<i>Rhizobium spp.</i>	IAA, siderofor,HCN ve amonyum üretimi ile bitki gelişimini teşvik	Ahemad ve Kibret, 2014
<i>Trifolium subterraneum</i> (Yeraltı üçgülü)	<i>Pseudomonas putida</i>	Kök ağırlığında artış	Nadeem ve ark., 2014
<i>Lycopersicon esculentum</i> (Domates)	<i>Pseudomonas putida</i> , <i>Azotobacter chroococcum</i> <i>Azospirillum lipoferum</i>	Potasyum içeriği, antioksidant aktivite, Likopen düzeyinde artış	Nadeem ve ark., 2014
<i>Vicia sativa</i> (Fıg) <i>Vicia ervilia</i> (Burçak otu)	<i>Bacillus spp.</i>	Bitki gelişimini teşvik	Cevheri ve Küçük, 2012

PGPR'ların önemli özelliklerinin yanında bazı ayırt edici özellikleri de vardır. Kloepper, (1994) çalışmasında PGPR'ların ayırıcı özelliklerini şu şekilde sıralamıştır;

1. Kök yüzeyinde kolonize olabilmeli
2. Popülasyonlarını sürdürecekt yaşamsal faaliyetlerde bulunabilmeli (çoğalabilme, rekabet edebilme, bitkiyi patojen saldırısına karşı koruyabilme vb.)
3. Bitkinin gelişimini teşvik edebilmelidirler.

Bu bilgiler doğrultusunda yapılan çalışmalarca PGPR'lar işlevsel aktiviteleri göz önünde bulundurularak 4 gruba sınıflandırılmıştır (Somers ve ark., 2004).

-Biyofelizer grubu (besin maddelerini kullanılabilir hale getirci)

-Bitki simülâtör grubu (fitohormonlar gibi yollarla bitki büyümesi teşvik edici)

-Rizoremediator grubu (organik kirletici parçalayıcı)



-Biyopestisit grubu (antibiyotik ve antifungal metabolitlerle hastalık kontrol edici)

Bitki kök hücreleri ile ilişki derecelerine göre, PGPR'ler hücre dışı bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (ePGPR) ve hücre içi bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (iPGPR) olarak sınıflandırılabilir (Martinez-Viveros ve ark., 2010). ePGPR'ler rizosferde, rizoplanda veya kök korteks hücreleri arasındaki boşluklarda bulunabilir; diğer yandan, iPGPR'ler genellikle kök hücrelerinin özelleşmiş nodüler yapılarının içinde yer alır.

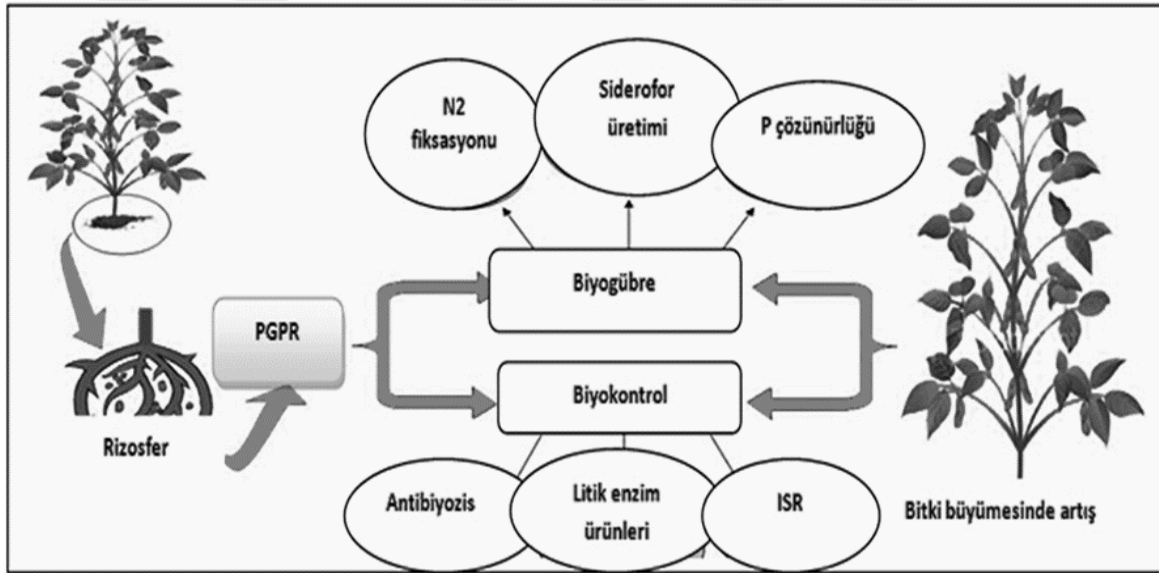
*Agrobacterium*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Erwinia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium* ve *Serratia* gibi bakteri cinsleri ePGPR'ye aittir (Gray ve Smith 2005). iPGPR, her ikisinin de endofitlerini ve atmosferik azotu simbiyotik olarak sabitleyebilen *Frankia* cinsine ait türleri içerir (Verma ve ark. 2010). Rizobakteri grubu endofitler; Rhizobiaceae familyasından *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* ve *Rhizobium* gibi genellikle kültür bitkilerinde nodüller oluşturmak için kök sistemlerini istila edip doğrudan veya dolaylı olarak bitki büyümesini teşvik eden çeşitli toprak bakteri cinslerini içerir (Wang ve Martinez-Romero 2000). Bu rizobakteri grubu çoğunlukla Gram-negatif ve çubuk şeklindedir.

Bu rizobiyal türlerle simbiyotik ilişki oluşturan önemli bitki türlerinden bazıları; *Acacia* spp., *Arachis hypogaea*, *Phaseolus vulgaris*, *Cajanus cajan*, *Cicer arietinum*, *Lens culinaris*, *Cercis canadensis*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, *Glycine max*, *Pisum sativum* ve *Trifolium* spp.'dir (Verma ve ark., 2010). Ayrıca, rizosfer mikrobiyal popülasyonlarının ana bileşenlerinden biri olan aktinomisetler, toprak besin döngüsündeki önemli ekolojik rolleri ve bitki büyümesini teşvik edici faaliyetlerinden dolayı oldukça faydalıdır (Halder ve ark., 1991). Bitki büyümesini teşvik edici ajan olarak aktinomisetlerin potansiyeli hakkında çok sayıda çalışma yapılmıştır (Gomes ve ark., 2000). Bitki rizosferine çok iyi bir şekilde kolonize olan *Micromonospora* spp., *Streptomyces* spp., *Streptosporangium* spp., *Thermobifida* spp. ve *Actinomycetes* spp. suşları bir dizi kök patojenik mantarına karşı biyokontrol ajanı olarak faaliyet gösterir (Franco-Correa ve ark., 2010). Rizosferde bulunan *Streptomyces* spp.'nin çam kök çürüklüğünün nedeni olan *Fusarium* sp. ve *Armillaria* spp. patojenlerine karşı potansiyel biyokontrol ajanı olduğu rapor edilmiştir.

Toprak aktinomisetleri de çeşitli antimikrobiyal metabolitlerin önemli bir kaynağıdır (Terkina ve ark., 2006). Özellikle indol asetik asit (IAA) ve kitinaz gibi metabolitler

toprakta bulunan farklı kompleks ve dirençli organik bileşiklerin bozunmasından sorumlu oldukları düşünülmektedir.

PGPR'ler birçok farklı mekanizma ile bitki gelişimini doğrudan ya da dolaylı olarak etkilerler (Tablo 1.3). Doğrudan bitki büyümesini teşvik eden mekanizmalar; azot fiksasyonu, fosfat çözücülüğü. ACC deaminaz üretimi, N, P, K gibi elementlerin alımını kolaylaştırma, IAA, GA<sub>s</sub> ve kinetin gibi fitohormonların bitkiye alımını kolaylaştırma gibi fonksiyonları gerçekleştirir (Şekil 1.2). Dolaylı yollarla ise; indüklenmiş sistemik direnç (ISR), antibiyozis, parazitizm, bazı metabolitlerin üretimi (hidrojen siyanid gibi), antimikrobiyal metabolitleri sentezlemek gibi özelliklerle ifade edilmektedir (Glick, 1995). PGPR, bu mekanizmalardan birini veya birkaçını kullanarak bitkinin büyüüp gelişmesine etki etmektedir (Şekil 1.1).



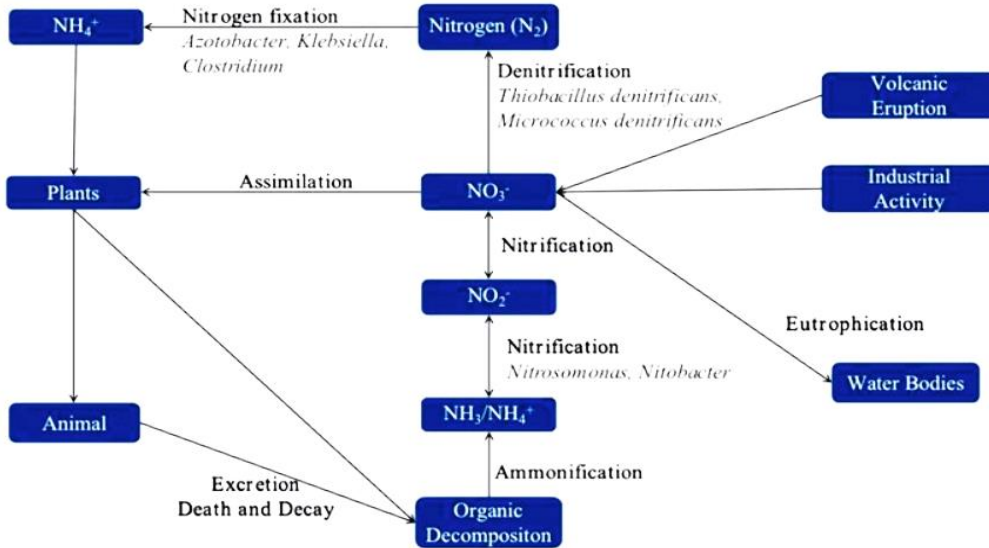
Şekil 1.1. Bitki Gelişimine Katkı Sağlayan Mekanizmalar (Kumar ve ark., 2011)

### 1.3 Bitki Büyümesini ve Gelişimini Teşvik Eden Doğrudan Mekanizmalar

#### 1.3.1. Azot Fiksasyonu

Azot elementi bitki büyümesi ve gelişimi için en önemli yapıtaşlarından biridir. Canlılarda nükleik asitler, aminoasitler, vitaminler ve birçok organik molekülün yapısında bulunan azot, atmosferi oluşturan gazların %78'ini meydana getirir. Ancak bitkiler atmosferdeki azotu (N<sub>2</sub>) doğrudan kullanamazlar. Bugüne kadar devam eden araştırmalarla mevcut veriler, biyolojik azot fiksasyonunu gerçekleştirebilen tek organizmaların prokaryotlar olduğunu göstermektedir. Bu nedenle N-bağlayıcı prokaryotlar, tüm ökaryotlara azot

tedarikinin kaynağıdır. Atmosferik azotun amonyuma dönüştürülmesi biyolojik azot fiksasyonu veya diazotrofi süreci olarak bilinir. Fototrofik diazotroflar temel olarak azot gazını amonyak gibi daha kullanışlı bir forma dönüştürme ve bu organik bileşikleri sentezlemek için enerjilerini güneş ışığından alma yeteneğine sahip bakteriler ve arkelerdir. Azotu sabitleme yeteneği hem bakterilerde hem de arkeler arasında yaygındır (Deka ve ark., 2015). Azot, küresel azot döngüsünde indirgenmiş veya oksitlenmiş formlarda bulunur. Amonyakın nitrojen oksitlerine dönüştürülmesine nitrifikasyon denir. Tersine çevrilebilir bir reaksiyon olan bu olay, *Nitrosomonas* spp. ve *Nitrobacter* spp. gibi nitrifikasyon bakterileri tarafından gerçekleştirilir. Azot oksitlerin indirgeyici dönüşümü denitrifikasyon olarak adlandırılmakta ve bu olay *Thiobacillus denitrificans* ve *Micrococcus denitrificans* gibi denitrifikasyon bakterileri tarafından yapılır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Biyolojik Azot Fiksasyonu (Flora ve ark., 2021)

Atmosferik azot, biyolojik azot fiksasyonu yapan (Biological Nitrogen Fixation: BNF) mikroorganizmalar tarafından bitkilerin kullanabileceği şekil olan ( $NH_4$ ) formuna dönüştürülür. Amonyak veya amonyum, amino asitlerin ve diğer azot içeren biyomoleküllerin biosentezi için çok önemli bir moleküldür. BNF mikroorganizmalar azot fiksasyon olayını nitrogenaz olarak bilinen bir enzim sistemiyle gerçekleştirirler (Kim ve Rees, 1994). Nitrogenazın yapısında demir proteini olan dinitrojenaz redüktaz ve (ii) bir metal kofaktörü olan dinitrojenazdan oluşan iki bileşenli bir metalloenzim bulunur. Dinitrojenaz redüktaz elektronlara yüksek indirgeme gücü sağlarken dinitrojenaz bu elektronları  $N_2$ 'yi  $NH_3$ 'e indirgemek için kullanır. Metal kofaktörüne dayalı olarak Mo-

nitrojenaz, V-nitrojenaz ve Fe-nitrojenaz olmak üzere üç farklı azot sabitleme sistemi tanımlanmıştır. Yapısal olarak N<sub>2</sub> sabitleme sistemi farklı bakteri türleri arasında değişiklik gösterir. Çoğu biyolojik azot fiksasyonu tüm diazotroflarda bulunan molibden nitrojenazın aktivitesi ile gerçekleştirilir (Bishop ve Jorerger, 1990). Mikroorganizmalar tarafından fikse edilen azot bitkinin köklerinde alınarak kullanılır.

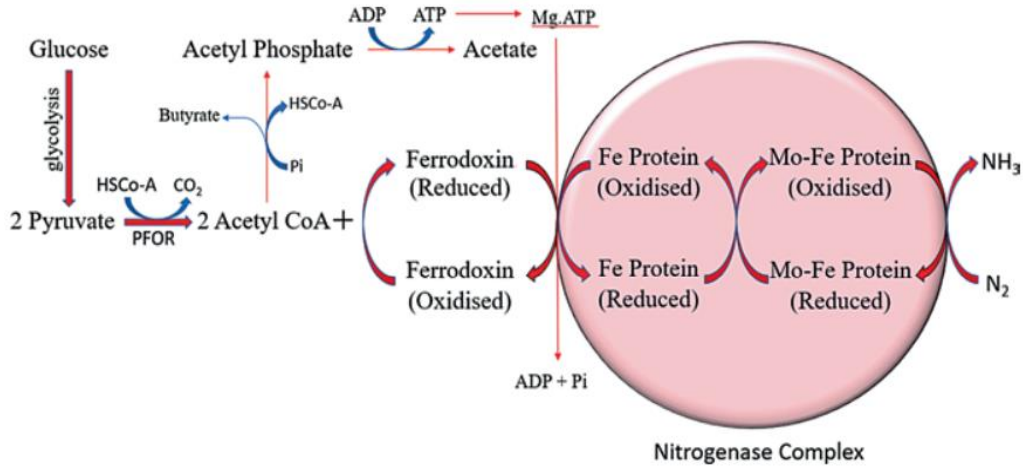
Toprakta belirli bakterilerinin etkinliği sonucu atmosferik azotu amonyağa çevirimiyle özetlenen biyolojik azot fiksasyonu, yıllık azot fiksasyon verimine yaklaşık %65'lik bir katkı sağlar (Fisher ve Newton 2002).

Biyolojik azot fiksasyonu kapasitesine sahip bakterilerin büyük kısmını baklagiller (Leguminosae / *Fabaceae*) familyasına ait bitkilerle simbiyotik yaşam süren bakteriler oluşturmaktadır. *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Paenibacillus Allorhizobium*, *Bacillus* ve *Sinorhizobium* baklagillerle simbiyotik ilişki içerisinde olan azot fikse edici bakteri cinslerine örneklerdir. Simbiyotik olmayan bakteri cinslerine örnek olarak ise; *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Clostridium*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Herbaspirillum* verilebilir (Hayat ve ark., 2010). Simbiyotik olmayan ancak azot fiksasyonu yapan bakteriler, konukçu bitki-bakteri birlikte yaşamını gerektiren biyolojik azot fiksasyonunun sadece küçük bir miktarını sağlarlar (Glick, 2012).

Baklagil bitkilerinin en iyi bilinen N<sub>2</sub> sabitleyici bakteri ortak yaşamları olan *Rhizobia*, atmosferik azot fiksasyonu yoluyla konakçının N gereksinimlerinin %90'ına kadarını karşılayabilmektedir. Simbiyotik olmayan serbest yaşayan N-bağlayıcı bakteri türlerinin azot alımını tahıllarda %7-58, şeker kamışında ise %60-80'e kadar arttırdığı kanıtlanmıştır (Lucy ve ark., 2004).

Azot fiksasyonu yapabilen bakterilerden olan rizobialar, baklagillerde nodül oluşturma yeteneğiyle ve bitkilere azot tedarik etme yollarıyla bilinen en iyi türlerdir (Premachandra ve ark., 2016). Diazotroflar olarak adlandırılan PGPR bakterilerinin özelliği ise baklagil olmayan bitkilerle zorunlu olmadan etkileşim kurarak azot fikse etmeleridir (Glick ve ark., 1999). Azot fiksasyonu sürecinde oluşan fikse edilmiş azot, ortaya çıktığı bölgede kullanılmasından dolayı gaz haline geçmeye, çözünmeye dirençli bir haldedir ve bu nedenle bu biyolojik süreç sürdürülebilirlik açısından tarıma önemli girdiler sağlamaktadır (Dixon ve Kahn, 2004).

Berthelot, (1888) sterilize edilmemiş toprağın azot aldığını keşfettiğinde topraktaki bakterilerin atmosferik azotu ( $N_2$ ) bağlama potansiyelini açıkça göstermiştir. Diğer canlılarla herhangi bir ilişkisi olmaksızın bağımsız bir yaşam sürdüren ancak aynı zamanda atmosferik veya toprak azotunu da değiştirebilen mikroorganizmalara simbiyotik olmayan mikroorganizmalar denir. Serbest yaşayan azot bağlayıcı organizmaların bazıları doğrudan güneş ışığından enerji elde ederken diğerleri topraktaki organik maddelerden enerji elde etmektedir (Hillel, 2008). Genel olarak bakteriler ve siyanobakteriler, simbiyotik olmayan azot düzenleyicileri olarak kabul edilirler. Beslenmelerine göre aerobik (*Azotobacter* spp.), anaerobik (*Clostridium* spp.), fakültatif anaerobik (*Enterobacter* spp.) ve fotosentetik (*Rhodospirillum* spp.) olarak sınıflandırılırlar (Kumar, 2008).



Şekil 1.3. Nitrojenaz Enzim Kompleksi (Hamelin ve ark., 2002)

Azot ( $N_2$ ) gazının fiksasyonu azotu bağlayan tüm prokaryot canlılarda işlevsel olarak oldukça benzer olan kompleks metalloenzimle, bir diğer adıyla nitrojenaz enzim kompleksiyle sağlanır (Beringer ve Hirsch, 1984) (Şekil 1.3).

İlk defa 1960 yılında *Clostridium pasterianum*'dan izole edilen nitrojenaz enziminin genleri; içerisinde Fe proteininin aktivasyonu ile ilgili genleri, demir molibden kofaktör sentezi, elektron veren ve enzim fonksiyonları için gereken düzenleyici genleri barındırır (Fisher ve Newton, 2002). Bu genler nif olarak adlandırılır. Azot fiksasyonundan sorumlu molibden nitrojenaz enzimine sahip diazotroplardaki genler genellikle 20 farklı protein kodlayan, 7 operon içeren, 20-24 kb çevresindeki bir kümede bulunurlar (Glick, 2012). Molibden nitrojenaz enzim kompleksi, nifDK ve nifH genleri tarafından kodlanan iki bileşenli proteine sahiptir. NifDK bileşeni, iki katlı simetri ile ilişkili iki ab dimer tarafından oluşturulan bir heterotetramerik ( $a_2b_2$ ) proteindir. Bu yapı her birinde aktif

bölge içinde bir demir molibden kofaktörü (FeMo-co) taşır. *Rhizobium* spp.'deki nif genlerinin simbiyotik aktivasyonu, düşük oksijen konsantrasyonuna bağlıdır ve bu da hem simbiyotik hem de serbest yaşayan azot fiksasyon sistemleri için ortak olan fiks genleri adı verilen başka bir gen seti tarafından düzenlenir. Bu genler genellikle yüksek oranda aktarılabılır olan simbiyotik plazmitlerde taşınır. Ayrıca alıcı bakteriler bu plazmitler ile transforme edildikten sonra simbiyotik bir fonksiyon elde edebilmektedir (Rogel ve ark., 2001).

### 1.3.2. Fosfat Çözünürlüğü

Toprakta çözünmez formda bulunan fosfor; nükleik asitlerin, enzimlerin, fosfolipitlerin ve adenzin trifosfatın (ATP) yapısal bir bileşeni olmakla beraber fotosentez gibi biyokimyasal olayların temel yapı maddesi olarak görev yapan bitki besin maddesidir. Fosfor eksikliği, hücre bölünmesini, fotosentezi, besin taşınmasını, bitki içindeki metabolik yolların düzenlenmesini ve genetik özelliklerin bir nesilden diğerine transferini bozarak bitki büyümesini sınırlar (Theodorou ve Panxton, 1993). Fosfor, bitki büyümesi için son derece gerekli bir elementtir ve bitkiler tarafından topraktan fosfat anyonları olarak alınır. P eksikliği, mahsul üretiminin en büyük sınırlamalarından biridir ve dünya çapında 5,7 milyar hektar arazinin fosfor bakımından eksik olduğu tahmin edilmektedir (Mouazen ve Kuang, 2016). Bu rakamlar, optimum mahsul üretimine ulaşmak için P gübrelerinin son derece önemli olduğunu vurgulamaktadır. Fosfat anyonları oldukça reaktiftir ve toprağın kalitesine bağlı olarak  $Fe^{+3}$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Al^{+3}$  ve  $Mg^{+2}$  gibi katyonlarla çökelme yoluyla tutulabilir. Sonuç olarak, bitkiler için mevcut olan miktar genellikle topraktaki P'nin çok küçük bir kısmıdır. Bitkiler için bu düşük fosfor mevcudiyeti, toprak P'nin büyük çoğunluğunun çözünmeyen formlarda bulunmasından dolayıdır.

Fosfor, bitki tohumlarında ve polenlerde fitat şeklinde depolanır. Bitkide birincil inositol kaynağıdır. Toprakta fitat mineralizasyonunun düzenlenmesinde anahtar mikorganizmalar bakterilerdir. Bitkilerin özellikle fitattan P alma kapasitesinin son derece sınırlı olmasına rağmen, fosfat çözen bakterilerin yakın çevresi ve rizosferin küçük bir kısmı bitkilere P'yi doğrudan fitattan alma fırsatı sağlamaktadır (Richardson ve Simpson, 2011).

Bitkiler fosforlarını topraktan sadece  $HPO_4$  veya  $H_2PO_4$  şeklinde alırlar. Toprakta fosfor birçok biçimde bulunur. Esas olarak ana kayanın ayrışmasından türetilen inorganik fosfat şeklinde, çürümüş bitkilerden, hayvanlardan veya mikroorganizmalardan türetilen organik fosfat şeklinde bulunabilir. İnorganik fosfat toprakta apatit, inorganik fosfor hidroksiapatit

ve oksiapatit gibi çözünmeyen birincil minerallerin yüzeyinde bulunur. Bununla birlikte mineral fosfatlar çözünebilir ve uygun koşullar altında fosfatın toprak çözeltisine bırakılmasıyla biyolojik olarak kullanılabilir hale gelir. Organik fosfor çoğu toprakta toplam fosforun %30-50'sini oluşturur (Azziz ve ark., 2012). Bitkilerde bulunan mevcut fosforu ve verimi artırmak için, tarım topraklarına yaygın olarak inorganik fosfatlı gübreler eklenir. Bununla birlikte bu fosforun çoğu bitkiler için kullanılmayacak formdadır ve bu da çevresel fosfor kirliliğini artırır. Birçok bilim adamı, farklı bakteri türlerinin dikalsiyum fosfat, trikalsiyum fosfat, kaya fosfat ve hidroksiapatit gibi çözünmeyen inorganik fosfat bileşiklerini çözündürme yeteneklerinin olduğunu bildirmiştir (Gyaneshwar ve ark., 2002). Bazı PGPR'lar, yüksek oranda çözünmeyen trikalsiyum fosfat, hidroksil apatit ve kaya fosfatı P'yi çözündürmede çok etkilidir (Owen ve ark., 2015).

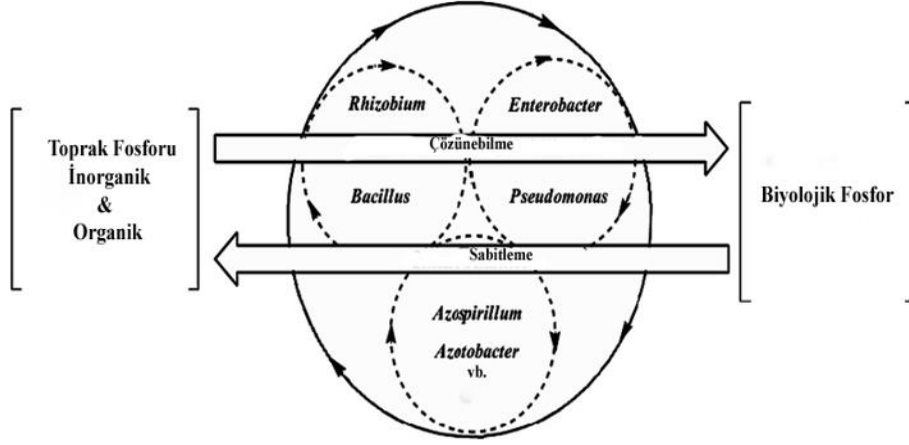
Toprakta fosfor organik ve inorganik formda bulunur. Topraktaki inorganik ve organik şekildeki fosforu çözebilen birçok bakteri vardır. Bunlara fosfat çözücü bakteriler (PSB) denir. Bu bakteriler asit üretimi başta olmak üzere birçok mekanizma yoluyla fosfatı çözerler. Toprakta bulunan bu bakteriler, organik ve inorganik P çözünürlüğü ile toprağa fosfor salmaktadır (Şekil 1.4). Organik P çözme, mineralizasyon işlemidir. P çözünürlüğünü gerçekleştirmek için toprak bakterileri tarafından pH'ın düşürülmesi, organik asit üretimi, şelasyon ve değişim reaksiyonları gibi çok sayıda mekanizma tercih edilir. Fosfat çözücü bakteriler (PSB) ile aşılansız gübrelerin uygulanması, çözünen fosfat kullanılabilirliğini artırır ve kimyasal gübre kullanımını azaltmak için çevre dostu bir alternatif oluşturur.

Birçok araştırmacı, çeşitli topraklardan fosfat çözücü bakterileri izole etmiş ve bu bakterilerin aşılansızlığının bitki büyümesi ve verimini artırdığını bildirmiştir (Mehnaz ve Lazarovits, 2006). Bakterilerin fosfat çözünürlüğündeki rolü yaklaşık yüz yıldır bilinmekte olup doğal olarak bol miktarda bulunan rizosferik bakteriler üzerinde kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Yaygın olarak bulunan mineral fosfat çözücü cinsler arasında; *Penicillium* ve *Aspergillus* fungusları ile beraber *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Gordonia*, *Enterobacter*, *Rhodococcus*, *Chryseobacterium*, *Erwinia*, *Mycobacterium*, *Phyllobacterium*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Serratia* ve *Xanthomonas* bulunmaktadır (Khan ve ark., 2009) (Tablo 1.4).

**Tablo 1.4.** Fosfat Çözücü Gram (-) Bakteriler (An, 2016)

<b>Gram-negative bacteria</b>	<b>Reference</b>
<i>Acetobacter sp.</i>	Joseph and Jisha 2009
<i>Acetobacter liquefaciens</i>	Joseph and Jisha 2009
<i>Acetobacter diazotrophicus</i>	Maheshkumar et al. 1999
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	Jha and Kumar 2009
<i>Acinetobacter sp.</i>	Rodriguez and Fraga 1999
<i>Aerobacter aerogenes</i>	Gupta et al. 1998; Rodriguez and Fraga 1999
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Belimov et al. 1995
<i>Agrobacterium sp.</i>	Gupta et al. 1998; Rodriguez and Fraga 1999
<i>Alcaligenes sp.</i>	Gupta et al. 1998; Rodriguez and Fraga 1999
<i>Arthobacter mysorens</i>	Belomov et al. 1995
<i>Azotobacter chroococcum</i>	Kumar and Narula 1999
<i>Brevibacterium sp.</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al. 2005
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Antoun et al. 1998
<i>Burkholderia cepacia</i>	Rodriguez and Fraga 1999
<i>Burkholderia sp.</i>	Linu et al. 2009
<i>Cladosporium herbarum</i>	Singh and Kapoor 1999
<i>Corynebacterium sp.</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al. 2005
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Chung et al. 2005
<i>Ent. agglomerans</i>	Kim et al. 1997b
<i>Enterobacter asburiae</i>	Tripura et al. 2007b
<i>Enterobacter cloacae</i>	Goldstein et al. 1999
<i>Enterobacter intermedium</i>	Kim et al. 2003
<i>Escherichia freundii</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al. 2005
<i>E. intermedia</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al. 2005
<i>Erwinia herbicola</i>	Goldstein and Liu 1987; Goldstein et al. 1993
<i>Flavobacterium sp.</i>	Goldstein 2001
<i>Gluconacetobacter sp.</i>	Linu et al. 2009
<i>Gluconobacter diazotrophicus</i>	Madhaiyan et al. 2004
<i>Micrococcus sp.</i>	Rodriguez and Fraga 1999 and Gulati et al. 2007
<i>Micobacterium sp.</i>	Goldstein 2001
<i>Pantoea agglomerans</i>	Amellal et al. 1999
<i>Pseudomonas pinophilum</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al. 2005
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> GES-18	Tripura et al. 2007a
<i>Pseudomonas cepacia</i>	Babu-Khan et al. 1995
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al.
<i>Pseudomonas putida</i>	Cattelan et al. 1999
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Cattelan et al. 1999
<i>Pseudomonas gladioli</i>	Joseph and Jisha 2009
<i>Pseudomonas striata</i>	Linu et al. 2009
<i>Pseudomonas syringae</i>	Tilak et al. 2005
<i>Ralstonia sp.</i>	Perez et al. 2007
<i>Rahnella aquatilis</i>	Kim et al. 1997b
<i>Rhizobium sp.</i>	Halder and Chakrabarty, 1993
<i>Rhizobium meliloti</i>	Halder and Chakrabarty, 1993
<i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>Phaseoli</i>	Chabot et al. 1998
<i>Rhizobium loti</i>	Halder and Chakrabarty, 1993
<i>Serratia phosphaticum</i>	Gupta et al. 1998; Tilak et al., 2005
<i>Serratia marcescens</i> GPS-5	Tripura et al., 2007a





**Şekil 1.4.** PGPR Tarafından Topraktaki Fosforun Çözünmesi (Khan ve ark., 2009)

Fosfat çözen bakteriler çok farklı mekanizmalara sahiptir ve bu mekanizmalar aşağıda özetlenmiştir;

- 1) Organik asit anyonları, sideroforlar, protonlar, hidroksil iyonları veya CO<sub>2</sub> gibi mineral çözen bileşiklerin salınımı
- 2) Hücre dışı enzimlerin salınımı
- 3) Substrat parçalanması sırasında fosfat salınımı

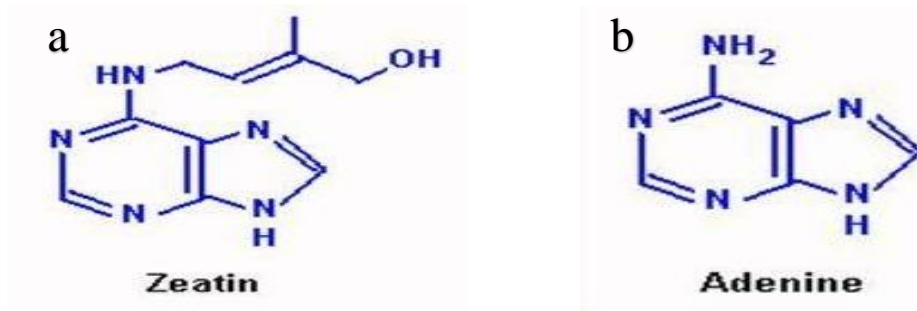
İlk iki mekanizma organik fosfatı mineralleştirme mekanizmalarıdır. Düşük molekül ağırlıklı organik asitlerin salınımı fosfat çözücü bakteriler arasında en sık görülen inorganik fosfat çözme mekanizmasıdır. Organik asitlerin fosfat çözünürlüğü esas olarak çevresel pH'ın düşürülmesi, fosfata bağlı katyonların şelatlanması, mineraller üzerindeki adsorpsiyon bölgeleri için fosfatla rekabet edilmesi veya bu mekanizmaların bir kombinasyonu ile elde edilir. Bu organik asitlerden glukonik asit üretimi, birçok Gram-negatif bakteri tarafından inorganik fosfat çözünürlüğünün metabolik temeli olarak kabul edilir (Sharma ve ark., 2013).

### 1.3.3. Fitohormon Üretimi

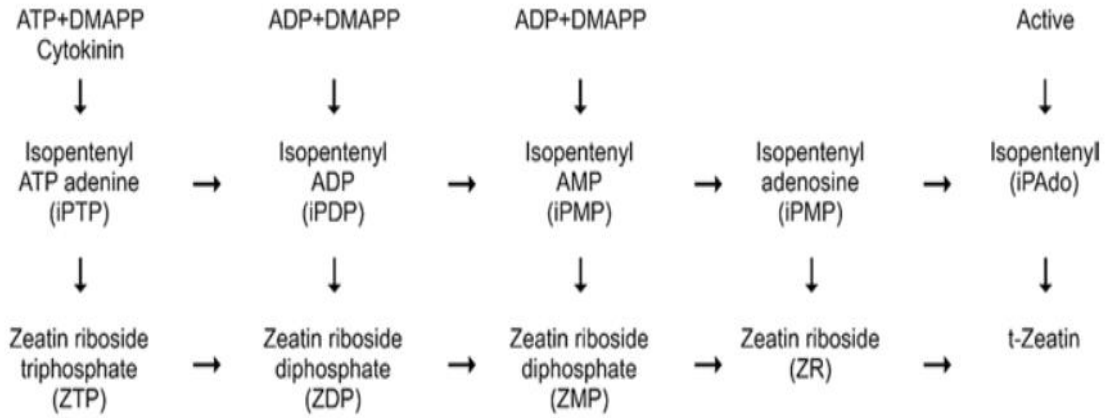
#### 1.3.3.1. Sitokinin Üretimi

Sitokininler; bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından üretilen bitkideki apikal gelişim, hücre bölünmesi, kök uzaması ve kloroplast sentezi gibi bitki büyümesi ve gelişimini kontrol ettiği bilinen önemli bitki hormonlardır (Cavallaro ve ark., 2022). Doğal olarak oluşan ilk saf kristal sitokinin, *Zea mays*'tan izole edilmiş, Letham, (1963) tarafından zeatin (Z) olarak adlandırılmıştır. Zeatin, (E)-4-(hidroksi-3-metil-2-enil) aminopurin yapısındadır (Şekil 1.5.a). Bu hormon bitkilerin köklerinde adeninli bileşiklerden üretildikten sonra vasküler dokudan (ksilem) yapraklara, meyvelere, büyüme ve farklılaşmanın gerekli olduğu bitkilerin diğer kısımlarına hareket ederler. Sitokininler bitkilere uygulandığında fizyolojik ve gelişim süreçlerini etkileyen aminopurinlerdir. Ayrıca protein seviyesini değiştirerek veya protein sentezleyerek bitkilerde yaşlanmayı tersine çevirmek için oksin ile özel bir rol oynar (Toribio ve ark., 2021).

Sitokininler, farklı IPT (isopentenyltransferase) genleriyle kökler de dahil olmak üzere bitki meristematik bölgelerinde üretilerek hem ksilemde hem de floemde taşınır. Doğada en bol bulunan sitokininler, adenin tipindedir. Burada adenin N6 pozisyonu, zeatin gibi bir izoprenoid veya kinetin gibi aromatik bir yan zincir ile yer değiştirir. PGPR tarafından yaygın olarak üretilen zeatin tRNA yolu ve adenosin monofosfat (AMP) yolu olmak üzere iki farklı yolla sentezlenebilir (Şekil 1.6). Birinci yol olan tRNA yolunda zeatin, izopentenillenmiş tRNA'ların geri dönüştürülmüş bir ürünüdür (Şekil 1.5.a). Diğer yol olan AMP yolunda zeatin bir izopentenil donörü, dimetilallildifosfat (DMAPP), AMP, adenosin difosfat (ADP) veya adenosin trifosfattan (ATP) izopentenil transferaz enzimler vasıtasıyla sentezlenir (Amara ve ark., 2015).

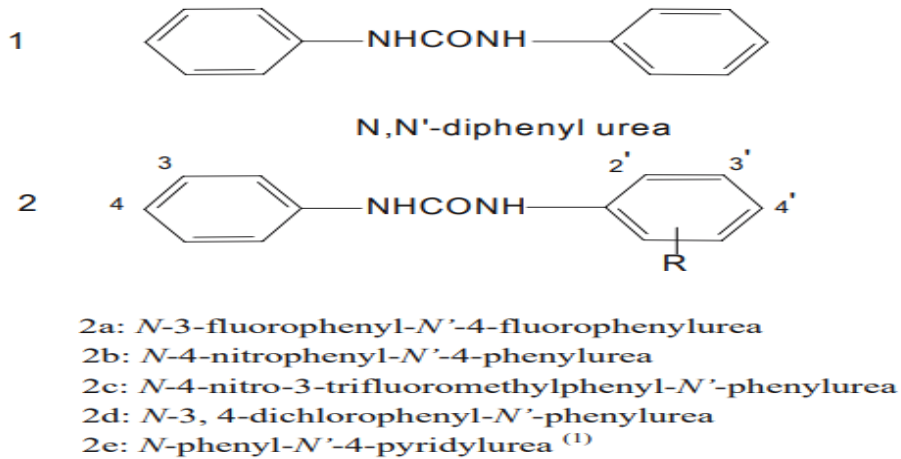


Şekil 1.5. a. Zeatin b. Adenin Kimyasal Yapısı (Amara ve ark., 2015)



**Şekil 1.6.** Sitokinin Biyosentezi (Maheshwari ve ark., 2015)

Sitokininler yapısal olarak adenin sitokininler ve difenilüre sitokininler şeklinde iki kategoriye ayrılır (Şekil 1.7). Her iki sitokinin tipi de benzer yapı ilişkilerine ve benzer biyolojik aktiviteye sahiptir, bu da adenin ve üre sitokininlerinin her iki sitokinin tipinin de ortak bir reseptör aracılığıyla hareket edebileceğini düşündürmektedir. Rizosferde bulunan mikroorganizmaların yaklaşık %90'ının sentezleme kapasitesine sahip olduğu bilinen sitokininler, tohum çimlenmesinden yaprak ve bitki yaşlanmasına kadar fotosentez ve solunum dahil bitkinin yaşamı boyunca önemli olan fizyolojik süreçlerde anahtar rol oynamaktadır (Shaw, 1994).



**Şekil 1.7.** Difenilüre Sitokinin Yapısı (Shaw, 1994)

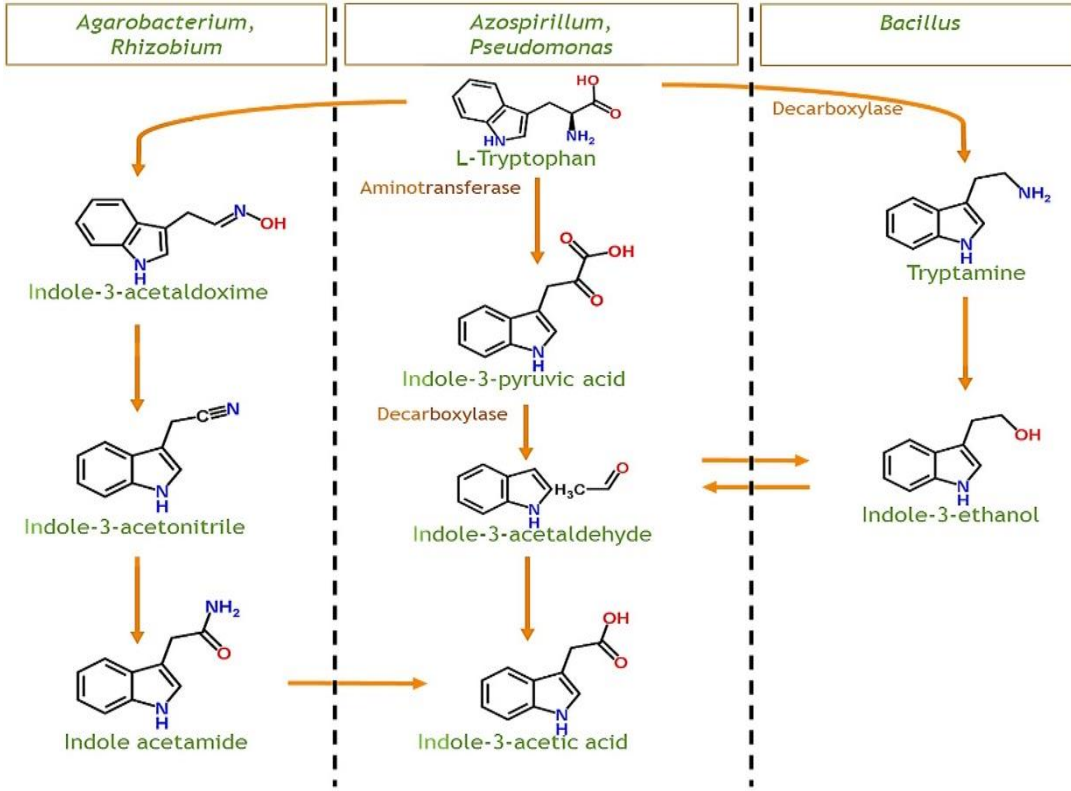
*Proteus*, *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Xanthomonas* ve *Escherichia* gibi çeşitli bakteri cinslerinin sitokinin üretme yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir (Maheshwari ve ark., 2015).

### 1.3.3.2. Oksin Üretimi

Fitohormonlar grubunun bir üyesi olan IAA (İndol-3-asetik asit) genellikle en önemli doğal oksin olarak kabul edilir. Tüm bitkiler tarafından üretilebilen oksinin en fazla bulunan formu İndol-3-asetik asit (IAA)'tir (Sokolova ve ark., 2011). Bitkilerde hücre uzaması, hücre bölünmesi, farklılaşması gibi uzun vadeli fizyolojik olaylarda en aktif hormon indol-3-asetik asittir (IAA) (Hagen, 1990). IAA en yaygın ve en iyi karakterize edilen fitohormondur. Rizosferden izole edilen bakterilerin %80'inin IAA üretebildiği tahmin edilmektedir. Bitkilerde IAA dışında en fazla bulunan oksinler; indol bütirik asit (IBA), fenil asetik asit (FAA), naftoksi asetik asit (NOAA), naftalin asetik asit (NAA), fenoksi asetik asit (FOAA), 2,4-D, parakloro fenoksi asetik asit (4-CPA) ve 2,4,5-triklorofenoksi asetik asit (2,4,5-T)'tir (Patten ve Glick 1996).

Rizosferde bulunan bitki gelişimini teşvik eden bakteriler (PGPB), IAA'nın sentezini farklı şekillerde yapabilmektedir (Şekil 1.8). Bu bakteriler IAA'yı triptofan bağımlı veya triptofan bağımsız şekilde iki farklı yolla sentezleyebilmektedir. Bu PGPB'lerin çoğu IAA üretimi için bir öncü olarak kök eksüdalarından salgılanan L-triptofanı kullanır. IAA'nın ana öncüsü olarak bilinen triptofan, IAA sentezinin düzeyini değiştiren başlıca moleküldür (Flores-Félix ve ark., 2013). IAA sentezi için üç L-triptofana bağımlı yol bilinmektedir. L-triptofan bağımsız yolla üretilen IAA'nın çok az örneği bilinmektedir, bu yolla IAA üreten organizmalardan biri *Azospirillum brasilense*'dir. Burada üretilen IAA'nın %90'ından fazlası L-triptofan bağımsız yolla ve geriye kalan %10 IAA L-triptofan kullanılarak üretilir. Ancak, bu şekilde IAA üretimi için kullanılan enzimler ve yollar hala bilinmemektedir (Jha ve Saraf, 2015).

*Rhizobium* spp., *Bradyrhizobium* spp. ve *Azospirillum* spp. gibi bakteriler İndol-3-piruvik asit (IPyA) yoluyla IAA sentezlerken, *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas agglomerans*, *Bradyrhizobium* spp. ve *Escherichia herbicola* gibi bazı patojenik bakteriler, IAA'yı ağırlıklı olarak İndol-3-asetamid (IAM) yoluyla sentezler (Ramos ve ark., 2008) (Şekil 1.8). *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, gibi rizosferde bulunan bakteriler ise triptamin yoluyla IAA üretirler.



**Şekil 1.8.** Triptofan bağımlı IAA sentezi (Goswami ve ark., 2016)

IAA, genellikle bitkilerde tohum ve yumru çimlenmesini teşvik eder, hücre bölünmesini, uzamasını ve farklılaşmasını uyarır, kök gelişim hızını artırır, yanal ve adventif kök gelişimini hızlandırır, fototropizmayı ve geotropizmayı kontrol eder, vasküler dokunun oluşumunu sağlar. Ayrıca, bakteriyel kökenli IAA, kök yüzey alanı ve uzunluğunu artırır. Bu durum bitkinin toprak besinlerine ulaşımını sağlar. Yaprak ve meyve dökülmesini engeller. Bu durum özellikle süs bitkisi yetiştiriciliği için çok önemli bir yere sahiptir. Hücrede osmozu artırarak hücrenin suya karşı geçirgenliğini kolaylaştırır. IAA'nın hücre duvarı esnekliğini artıran ve protein yapısındaki enzimlerin üretimini hızlandırarak hücre büyümesi ve gelişiminde önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun sert kabuklu tohumlar için çimlenme problemine karşı bir çözüm yolu olabileceği belirtilmiştir (Seçer, 1989).

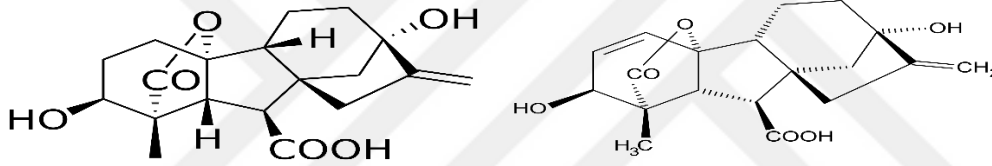
Bitkilerde yüksek oksin yoğunluğu meyve dökülmesini hızlandırabilir. Tarımda 2,4-D pikloram gibi bazı sentetik oksinler yabancı otların kontrolünde önemli bir yere sahiptir (Kaynak ve Memiş, 1997). Bunun yanı sıra bitki-rizobakteri ilişkisinde çok önemli bir role sahip olan IAA, bazı mikroorganizmalarda gen ekspresyonunda sinyal molekülü olarak işlev yapmaktadır (Spaepen ve Vanderleyden, 2011).

### 1.3.3.3. Gibberellin Üretimi

Tarihçesi incelendiğinde gibberellinler, 1926'da Japonya'da Kurosawa tarafından *Fusarium moniliforme* (*Gibberella fujikuroi*) fungusunun kültür filtratlarında keşfedilmiş ve kimyasal yapıları 10 yıl sonra kısmen aydınlatılabilmektedir. Batı dünyası ise ancak yirmi yıl kadar sonra gibberellik asidin yapısı doğrulandığında onların varlığından haberdar olmuştur (Curtis ve Cross 1954). İlk bitki gibberellini (GA1) Macmillan ve Suter (1958) tarafından Bombay fasulye (*Phaseolus coccineus*) tohumlarıyla yapılan çalışmada tanımlanmıştır. Gibberellinler (GA), bitkilerde bir dizi gelişimsel ve fizyolojik süreçte yer alan, C20 veya C19 karbon iskeletlerine sahip tetrasiklik diterpenoid asitlerdir. 1950'lerin ortalarından sonlarına kadar literatürde gibberellinin bitkiler üzerindeki etkileri hakkında çok sayıda rapor bildirilmiştir. Bitkilerde GA1 ve GA4'ün evrensel oluşu bunların bitki büyümesinin desteklenmesi için fonksiyonel olarak aktif (hormonal) formlar olduğunu düşündürür. GA'ların erken tohum gelişiminde düzenleyici bir rolü olduğuna dair açık kanıtlar olmasına rağmen daha sonraki gelişim aşamalarında tohumların endosperm, kotiledon veya testalarında bulunan aktif ve inaktif GA'ların çok yüksek konsantrasyonlarının işlevinin belirsiz olduğu bildirilmiştir (Seçer, 1989).

Günümüzde 100'den fazla çeşite sahip olan gibberellinlerin 50'den fazlası bitki tohumlarında bulunur (Seçer, 1989). Gibberellinler, sürgünün genç dokularında ve gelişmekte olan tohumlarda izopentenil difosfat yoluyla gliseraldehit-3-fosfattan sentezlenir. Biyosentezleri kloroplastta başlar ve daha sonra membran ve sitoplazmik yapılarda devam eder. Yüksek yapıli bitkilerde GA'lar esas olarak metileritritolün hidrokarbon fosfat yolu ile proplastidlerde üretilirler. *Gibberella* spp. fungusundan fermantasyon yoluyla elde edilen gibberellin, tohum çimlenmesi, gövde uzaması, çiçeklenme ve meyve tutumu dahil olmak üzere yüksek yapıli bitkilerde birçok gelişim sürecini etkiler (Hedden ve Phillips, 2000). Yapılan bir çalışmada gibberellik asidin bezelye ve mısırın cüce mutantlarındaki büyüme kusurunu giderdiği, sürgün ve çiçeklenmeyi teşvik ettiği bildirilmiştir Ayrıca genetik olarak bodur bitkilerde boyca uzamayı sağlar, bazı tohumlarda ve yumrularında dormansinin kırılmasını sağlayarak çimlenme hızını artırır (Seçer, 1989).

Giberellinler yalnızca yüksek bitkiler ve mantarlar tarafından değil aynı zamanda bakteriler tarafından da üretilir (MacMillan, 2002) (Tablo 1.5). Bakterilerde giberellin karakterizasyonu ilk defa Atzorn ve ark., (1988) tarafından *Rhizobium meliloti*'nin gnotobiyotik kültürlerinde fiziko-kimyasal yöntemler kullanılarak GA1, GA3, GA4, GA9 ve GA20 gibi çeşitlerinin varlığı gösterilmiştir (Şekil 1.9.a.b). TLC ve HPLC-UV gibi tekniklerin çözünürlüğünün zayıf ve güvenilirliğinin az olmasından dolayı *Rhizobium* sp. ve *Azospirillum* sp. dışında çok sayıda bakteri türünde giberellin benzeri maddelerin üretildiği de iddia edilmiştir. Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi (GC-MS) gibi bazı fizikokimyasal yöntemler kullanılarak *Herbaspirillum seropedicae*, *Acetobacter diazotrophicus* ve *Bacillus* spp.'nin GA ürettikleri tespit edilmiştir (Gutierrez-Manero ve ark., 2001). *Bacillus* spp. tarafından GA üretimi nadirdir, giberellin üretebilen sadece iki suş (*B. pumilus* ve *B. licheniformis*) bilinmektedir (Gutierrez ve ark., 2001). Ticari amaçla en yaygın kullanılan giberellin ise GA3'tür (Westwood, 1993) (Şekil 1.5.b).



Şekil 1.9. a. Giberellin (GA1)

b. Giberellin (GA3) (Westwood, 1993)

**Tablo 1.5.** Bazı PGPR'lar Tarafından Üretilen Giberellinler (Kang, 2014)

PGPR species	GAs potential	References
<i>Acetobacter diazotrophicus</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub>	Bastian et al. (1998)
<i>Azospirillum lipoferum</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub>	Bottini et al. (1989)
<i>Azospirillum brasilense</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub>	Janzen et al. (1992)
<i>Bacillus licheniformis</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>20</sub>	Gutierrez-Manero et al. (2001)
<i>Herbaspirillum seropedicae</i>	GA <sub>3</sub>	Bastian et al. (1998)
<i>Rhizobium phaseoli</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>4</sub>	Atzhorn et al. (1988)
<i>Bacillus pumilus</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>20</sub>	Gutierrez-Manero et al. (2001)
<i>Bacillus pumilus</i> CJ-69	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>5</sub> , GA <sub>7</sub> , GA <sub>8</sub> , GA <sub>9</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>19</sub> , GA <sub>20</sub> , GA <sub>24</sub> , GA <sub>44</sub>	Joo et al. (2004)
<i>Bacillus cereus</i> MJ-1	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>7</sub> , GA <sub>9</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>19</sub> , GA <sub>20</sub> , GA <sub>24</sub> , GA <sub>34</sub> , GA <sub>36</sub> , GA <sub>44</sub> , GA <sub>53</sub>	Joo et al. (2004)
<i>Bacillus macroides</i> CJ-29	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>7</sub> , GA <sub>9</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>19</sub> , GA <sub>20</sub> , GA <sub>24</sub> , GA <sub>34</sub> , GA <sub>36</sub> , GA <sub>44</sub> , GA <sub>53</sub>	Joo et al. (2004)
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>9</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>15</sub> , GA <sub>19</sub> , GA <sub>20</sub> , GA <sub>24</sub> , GA <sub>53</sub>	Kang et al. (2009)
<i>Burkholderia cepacia</i>	GA <sub>1</sub> , GA <sub>3</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>9</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>15</sub> , GA <sub>20</sub> , GA <sub>24</sub>	Joo et al. (2009)
Promicromonospora sp.	GA <sub>1</sub> , GA <sub>4</sub> , GA <sub>9</sub> , GA <sub>12</sub> , GA <sub>19</sub> , GA <sub>20</sub> , GA <sub>24</sub> , GA <sub>34</sub> , GA <sub>53</sub>	Kang et al. (2012)



#### 1.3.3.4. 1-Aminosiklopropan-1-Karboksilat (ACC) Deaminaz

1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit (ACC), bir fitohormon olan etilenin öncüsüdür. Yaklaşık 35-42 kDa'lık alt birim moleküler kütleyle sahip bir multimerik enzim olan ACC deaminaz, temel kofaktör piridoksal fosfatın (PLP) bir molekülünün her alt birime sıkıca bağlandığı bir sülfhidril enzimidir. Tüm bitkiler tarafından doğal olarak üretilen etilen, bir bitki büyüme düzenleyicisi olmanın yanı sıra stres hormonu olarak da bilinir. Normal şartlarda gaz halinde olan etilen meyve olgunlaşmasını, yaprakların sararmasını sağlar. Meyve çiçek ve sapsularının birbirinden kolayca ayrılmasını sağlar, ek kök (adventif kök) oluşumunu uyarır. Biyotik (patojen) ve abiyotik stres altında (kuraklık, tuzluluk, ağır metaller) artan etilen seviyesi bitki büyümesini olumsuz yönde etkiler (Seçer, 1989). *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Serratia* ve *Rhizobium* gibi bazı bakteriler etilenin öncüsü olan ACC'yi yakalayarak 2-oxo-butanata ve NH<sub>3</sub>'e dönüştürür (Arshad ve ark., 2007) (Şekil 1.10).

ACC deaminaz içeren bitki büyümesini teşvik eden bakteriler, gelişmekte olan bir bitkinin tohumunun veya kökünün yüzeyine tutunur. Bitki tarafından salınan triptofan aminoasiti içeren kök eksüdatlarına yanıt olarak bakteriler indolasetik asit (IAA) sentezler. Bitki hücreleri, bakteri tarafından salgılanan IAA'nın bir kısmını alır ve endojen bitki IAA'sı ile birlikte bitki hücresi proliferasyonunu ve uzamasını uyarır (Şekil 1.10). Halihazırda mevcut olan veya bitki tarafından yeni sentezlenen ACC'nin bir kısmı hücre dışına salınır ve bu da ACC deaminaz içeren bakteriler tarafından alınır. ACC; ACC deaminaz tarafından amonyak ve  $\alpha$ -ketobütirata parçalanır ve bunların her ikisi de bakteri tarafından alınarak kolayca metabolize edilir.

ACC deaminaz enzimi bitkinin ürettiği ACC'yi parçalaması ve böylece bitkideki etilen seviyesini düşürmesi nedeniyle bitki büyümesini kolaylaştırır. Buna karşılık azalan etilen seviyeleri bitkinin çok çeşitli çevresel streslere karşı daha dirençli olmasına izin verir ve sonuçta bunların hepsi bitkinin endojen etilen seviyesini artmasına neden olur.

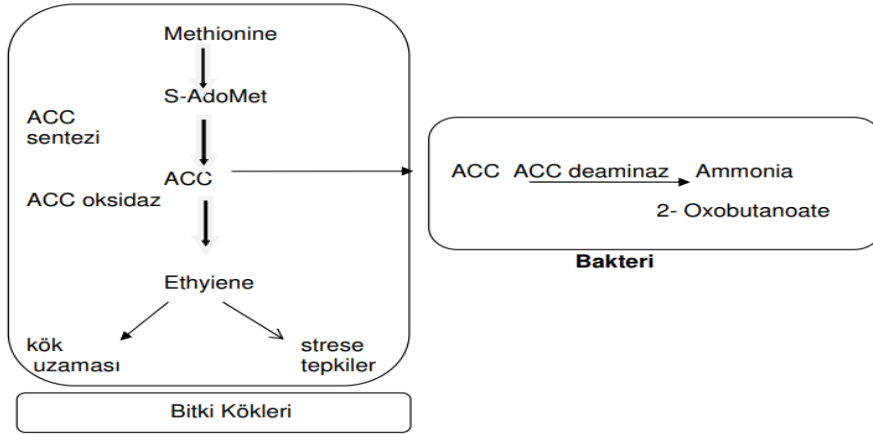
ACC deaminaz enzimine sahip toprak bakterileri; yüksek tuz, fitopatojen enfeksiyonu, aşırı sıcaklıklara maruz kalma, kuraklık, sel, ağır metallere ve organik kirleticilere maruz kalma ve böcekler gibi çevresel streslerin ardından bitkilere verilen fizyolojik hasarın önemli bir bölümünü azaltır (Tablo 1.5).

Pek çok bitki için tohum dormansisini kırmak için bir etilen patlaması gerekir, ancak çimlenmenin ardından sürekli yükselen etilen seviyesi kök uzamasını engelleyebilir (Saraf ve ark., 2010). ACC-deaminaz üreten bakterilerle aşıl原因an bitkilerin daha düşük etilen seviyesi nedeniyle daha yoğun kök büyümesine sahip oldukları ve ağır metal, kuraklık gibi çeşitli streslere karşı daha iyi dayanabildikleri tespit edilmiştir (Burd ve ark., 2000).

**Tablo 1.6.** ACC Deaminaza Sahip Mikroorganizmaların Bitkilerde Oluşturduğu Fizyolojik Değişiklikler (Kardaş ve Ökmen, 2014)

Bitki	PGPR	Fizyolojik değişiklikler
<i>Brassica campestris</i>	<i>Methylobacterium fujisawaense</i>	Kök uzamasını artırıcı etki
	<i>Bacillus circulans</i>	Kök ve sürgün uzamasını artırıcı etki
	<i>Bacillus firmus</i>	
	<i>Bacillus globisporus</i>	
<i>Brassica napus</i>	<i>Alcaligenes sp.</i>	Bitkide büyümeyi artırıcı etki
	<i>Bacillus pumilus</i>	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	
	<i>Enterobacter cloacea</i>	Kök ve sürgün uzunluklarında artırıcı etki
<i>Dianthus caryophyllus</i>	<i>Azospirillum brasilense</i>	Köklerde uzamayı artırıcı etki
<i>Glycine max</i>	<i>Pseudomonas cepacia</i>	Erken büyümeyi artırıcı etki
<i>Pisum sativum</i>	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Nodülasyonu artırıcı etki
<i>Vigna radiata</i>	<i>Pseudomonas sp.</i>	Nodülasyonu artırıcı etki
	<i>Pseudomonas putida</i>	Etilen üretimini inhibe edici etki
<i>Zea mays</i>	<i>Enterobacter sakazakii</i>	Tarımsal parametreleri artırıcı etki
	<i>Pseudomonas sp.</i>	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	Kök uzamasını artırıcı etki

Çok yakın zamanda hem stres hem de normal koşullar altında bitki büyümesini ve gelişimini teşvik etmede ACC deaminaz aktivitesi içeren PGPR'nin kullanımı ve bu enzimi eksprese eden genlerle bitki çeşitlerinin genetik manipülasyonunun bilim insanları arasında büyük ilgi göreceği öngörülmektedir (Safronova ve ark., 2006).



Şekil 1.10. ACC deaminaz Enzim Aktivitesi (Kang ve ark., 2010)

## 1.4. Bitki Büyümesini ve Gelişimini Teşvik Eden Dolaylı Mekanizmalar

### 1.4.1. HCN Üretimi

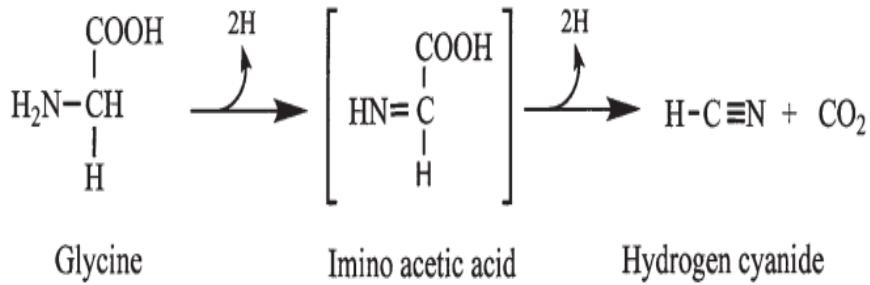
Hidrojen siyanür (HCN), birçok rizobakteri tarafından sentezlenen ve birçok organizma üzerinde güçlü bir etkiye sahip olan uçucu, hafif, renksiz bir ikincil metabolittir. HCN, hücrede elektron taşınmasını engeller ve hücrenin enerji metabolizmasını bozarak organizmaların ölümüne yol açar. Siyanür, solunum, CO<sub>2</sub> ve nitrat asimilasyonu ve karbonhidrat metabolizması dahil olmak üzere başlıca bitki metabolik süreçlerinde yer alan potansiyel bir enzim inhibitörüdür. Ayrıca fotosentezdeki elektron taşınımında görev alan protein yapısındaki plastosiyanin molekülüne bağlanarak fotosentez sürecini durdurur (Grossman, 1996).

Bir fitotoksik ajan olan HCN, bitki köklerinde sitokrom oksidazı inhibe ederek kök enerji metabolizmasını olumsuz yönde etkiler. Kökler siyanüre maruz kaldığında NADH'nin oksidasyonu ile salınan elektronlar, siyanüre duyarlı sitokrom oksidaz yolu yerine oksijene "alternatif siyanüre dirençli solunum yolunu" takip eder. Mitokondride bulunan sitokrom oksidaz, HCN'ye duyarlı tek enzim değildir. Özellikle Fe içeren (örneğin peroksidazlar) ve Cu içeren çeşitli enzimlerin de HCN'ye duyarlı olduğu bildirilmiştir (Lambers, 1980).

*Alcaligenes* spp., *Aeromonas* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Rhizobium* spp. türleri de dahil olmak üzere birçok bakteri cinsi HCN üretme yeteneğine sahiptir. Bakterilerde HCN üretimi esasen *C. violaceum* ve *P. aeruginosa* ve *P. fluorescens*, *P. aureofaciens* ve *P. chlororaphis*'in bazı izolatları dahil floresan pseudomonadlar ve bazı siyanobakterilerde görülmektedir (Blumer ve Haas 2000). *Pseudomonaslar*'ın birçoğu

tarafından üretilen HCN bitki bakteriyel hastalıklarını kontrol etmek için hastalık gelişimini engellemede büyük bir potansiyele sahiptir (Alemu, 2016). *Pseudomonas* spp. tarafından HCN üretim oranı; ışık yoğunluğu, toprak-su potansiyeli, topraktaki demir ve fosfat yoğunluğu gibi çevresel faktörlere bağlıdır. HCN üretimi, rizosfer pseudomonadlar arasında yaygın olarak görülür. Patates ve buğday rizosferlerinden izole edilen pseudomonadların yaklaşık %50'si in vitro olarak HCN üretebilmektedir. HCN üretimi, büyük ölçüde substratın amino asit bileşimine bağlıdır. Glisin aminoasiti mikrobiyal siyanür üretiminin doğrudan öncüsü olarak bilinmektedir. HCN sentaz, glisini oksitleyip HCN ve CO<sub>2</sub>'ye dönüştüren zara bağlı bir flavoenzimdir (Blumer ve Haas, 2000) (Şekil 1.11).

Prolin aminoasiti mikrobiyal siyanür üretimini uyarır. Kök eksüdalarında glisin ve prolin gibi aminoasitler bulunmuştur. Kök salgılarının amino asit bileşimindeki farklılıklardan dolayı rizosferdeki mikrobiyal HCN üretim oranı büyük ölçüde değişmektedir (Schippers ve ark., 1990).



**Şekil 1.11.** HCN Sentaz Aracılığıyla HCN Üretimi (Blumer ve Haas, 2000)

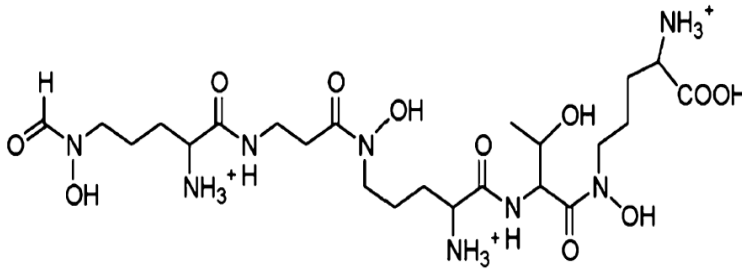
*P. fluorescens*; HCN, pyoverdin tipi siderofor(lar), salisilik asit, pyoluteorin, mono asetil floroglusinol, 2,4-diasetil floroglusinol gibi hücre dışı bileşikler sentezlemektedir. *P. fluorescens* tarafından üretilen HCN'nin tütün bitkisinde siyah kök çürüklüğünün bastırılmasına önemli ölçüde katkı sağladığı bildirilmiştir. Fe<sup>+3</sup> bakımından zengin bir kil minerali olan vermikülitin HCN üreten *P. fluorescens* kültürüne eklenmesi siyanojenezi indüklerken Fe<sup>+3</sup> demir açısından fakir bir kil minerali olan illit siyanojenezi indüklemediği görülmüştür (Keel ve ark., 1989).

Hidrojen siyanür (HCN), birçok rizosfer bakterisi tarafından üretildiği bilinen ve patojenlerin biyolojik kontrolünde rol oynadığı gösterilen sekonder metabolittir (Voisard

ve ark., 1989). PGPB tarafından bitki rizosferindeki HCN üretimi, istenen bitkilerin büyümesi üzerindeki zararlı etkileri en aza indirmek için ve yabancı otların biyolojik yönden kontrolü için etkili bir mekanizmadır (Lanteigne ve ark., 2012).

#### 1.4.2. Siderofor Üretimi

Bazı Laktobasiller hariç tüm canlı organizmalar için temel bir element olan demir; fotosentez, ATP sentezi, solunum, DNA sentezi, gen regülasyonu, nitrat sentezi, azot fiksasyonu gibi metabolik ve fizyolojik reaksiyonlarda görev alan enzimlerin kofaktörü olarak görev yapar.



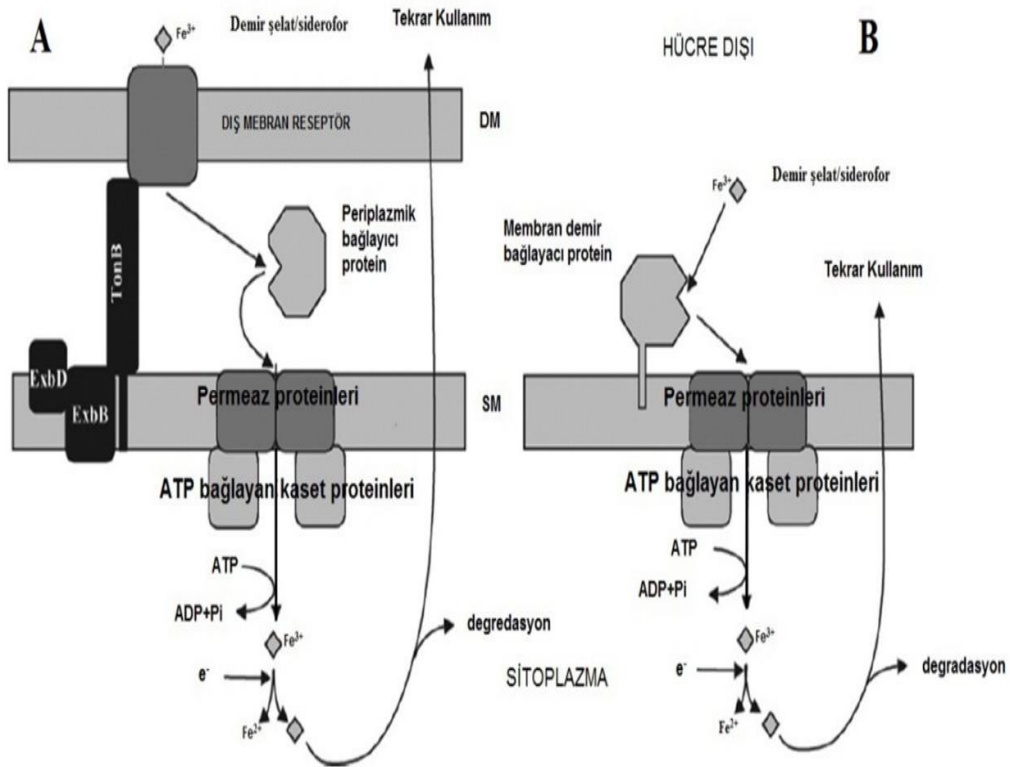
Şekil 1.12. Sideroforun Yapısı (Reddy, 2014)

Demir, yer kabuğunda ferrik hidroksit şeklinde çözünmez formda bolca bulunur.  $Fe^{3+}$  iyonlarının nötral pH'de çözünürlüklerinin çok düşük olmasından dolayı bitkiler ve toprak bakterileri tarafından kullanılamazlar. Bu yüzden bakteriler siderofor üreterek bu sorunu ortadan kaldırırlar. Sideroforlar, demiri bakteri hücrelerine taşıyan düşük molekül ağırlıklı, yüksek afiniteli  $Fe^{3+}$  şelatörleridir (Şekil 1.12). Demir bağlayan protein olan sideroforlar, yaklaşık 400-1500 Da molekül ağırlığındadır neredeyse tüm aerobik ve fakültatif anaerobik bakteriler tarafından üretilirler.

Bakterilerde siderofor taşıma sisteminde dış membran reseptörü, ABC (ATP'ye bağlı kaset taşıyıcıları) taşıyıcı sistemi ve periplazmik siderofor bağlayıcı protein (PBP) görev alır (Saha ve ark., 2013). Özellikle Gram (-) bakterilerde dış membran reseptörleri demirin hücre zarında yer alan porinlerden hücreye alınmasında son derece önemlidir. Bakterilerde farklı tipte dış membran reseptörleri bulunabilir. Örneğin *E.coli*'de FhuA, FecA, FepA membran reseptörleri bulunurken *P. aeruginosa*'da FpvA (piyoverdin için) ve FptA (piyokelin için) membran reseptörleri bulunur. Periplazmada bulunan siderofor bağlayan proteinler (örneğin FhuD, FepB ve FecB gibi) sayesinde demir sitoplazmik zarıya bağlanır ve ABC (ATP Bağlayan Kaset) sistemi tarafından ATP'nin hidrolizi ile sitoplazmaya

taşınır. Gram (-) ve Gram (+) tüm bakterilerde bulunan ABC sistemi sayesinde sideroforların sitozolde taşınması kolaylaşır (Erdem, 2013) (Şekil 1.13).

Bazı bakteriler tarafından sentezlenen sideroforlara örnek olarak psödobaktin (*Pseudomonas B10*), mikobaktin (*Mycobacterium spp.*), ornibaktin (*Burkholderia cepacia*), enterobaktin (*Escherichia coli*), basillibaktin (*Bacillus subtilis*), yersiniabaktin (*Yersinia pestis*), vibriobaktin (*Vibrio cholerae*), azotobaktin (*Azotobacter vinelandii*), eritrobaktin ve ferrioksamin B (*Streptomyces pilosus*) verilebilir (Crosa ve Walsh, 2002). Bakteriler tarafından üretilen sideroforlar katekolatlar, hidroksamatlar, peptid sidereforları, mikobaktin ve sitrat hidroksamatlar şeklindedir (Tablo 1.6).



**Şekil 1.13.** Gram (-) (A) ve Gram (+) Bakterilerin (B) Siderofor-Aracılı Demir Alımı (Andrews ve ark., 2003)

**Tablo 1.7.** Bazı Mikroorganizmalar Tarafından Üretilen Sideroforlar (Modi ve ark., 2012)

Siderofor tipi	Siderofor	Mikroorganizma
Hidroksamit	Ferikrom	<i>Ustilago sphaerogena</i>
	Desferrioksamin B	<i>Streptomyces pilosus</i>
	Desferrioksamin E	<i>Streptomyces coelicolor</i>
	Fusarinin C	<i>Fusarium roseum</i>
	Ornibaktin	<i>Burkholderia cepacia</i>
Katekolat	Enterobaktin	<i>Escherichia coli</i>
	Bacillibaktin	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus anthracis</i>
	Vibriobaktin	<i>Vibrio cholerae</i>
Karboksilat	Rhizobaktin	<i>Rhizobium meliloti</i>
	Rhizoferrin	<i>Rhizopus microspores</i>
	Staphyloferrin A	<i>Staphylococcus hyicus</i>
Karışık ligant	Azotobaktin	<i>Azotobacter vinelandii</i>
	Pyoverdin ve pyochelin	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
	Yersiniabaktin	<i>Yersinia pestis</i>
	Maduraferin	<i>Acinomadura madurae</i>

Sideroforların uygulama alanları oldukça geniş bir yer tutmaktadır. Birçok hastalık üzerindeki biyokontrol yetenekleri bilim insanları tarafından çalışılmıştır (Chincholkar ve ark., 2005). Örneğin; siderofor desferrioksamin B (DFB), alzheimer, malariya, romatoid arthrit, talasemi, demir zehirlenmesi, böbrek yetmezliği gibi hastalıkların tedavisinde geniş kullanıma sahiptir. *Klebsiella pneumoniae*'nin ürettiği sideroforların antimalarial ajan olarak ve kozmetik alanında kullanılabileceği bildirilmiştir (Krewulak ve Vogel, 2008).

Son yıllarda tarım alanında siderofor uygulamaları dikkat çekmektedir. Özellikle *Azotobacter* ve *Pseudomonas* cinsi bakterilerin ürün, kalite ve veriminin artırılmasına yönelik tarım uygulamalarında, tuzluluğa bağlı olarak kuraklıkta, endüstriyel kaynaklı kirlenmiş toprakların tarıma kazandırılmasında ve bazı bitki patojenlerine karşı biyolojik mücadele gibi biyoteknoloji alanlarında da faydalı olabileceği bildirilmiştir (Cornelis ve Matthijs, 2007).

Bakteriyel sideroforların bitki patojenlerine karşı etkili oldukları bilinmektedir. Rizosferdeki bakteriler tarafından üretilen hidrosomat ve katekolat gibi sideroforlar bitkiler tarafından kullanılır Ayrıca *Pseudomonaslar*'ın ürettiği sideroforlar, gerekli olan  $Fe^{+3}$  bağlayarak, fungal patojenlerin spor oluşumunu engellemektedir (Montesinos ve ark., 2002). Sideroforlar ayrıca ağır metaller ile kontamine olmuş alanlardan bunların fitoekstraksiyonla uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır (Sunita ve ark., 1994). Dolayısıyla sideroforlar çevre kirliliğinin önlenmesinde ve ekosistemin iyileştirilmesinde de önemli rol oynamaktadırlar.

### 1.4.3. Antibiyotiklerin ve Bakteriyosinlerin Üretimi

Antibiyotikler, mikroorganizmalar tarafından düşük konsantrasyonlarda üretilen ve diğer mikroorganizmaların büyümesi veya metabolik aktiviteleri için zararlı olan düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir (Fravel, 1988). Tarımda bitki patojenlerine karşı mikrobiyal antagonistlerin kullanımı kimyasal pestisitlere karşı alternatif yöntem olarak düşünülmektedir. Bu bakteriyel antagonistler, düşük konsantrasyonda inhibitör olan hücre dışı metabolitler salgılayarak bitki patojenlerini baskılar. Patojenik mikroorganizmaların baskılanmasında floresan *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinsleri aktif rol oynamaktadır. PGPR tarafından üretilen çeşitli antibiyotik grupları arasında 2,4 Diacetyl phloroglucinol (DAPG), Pyoluteorin ve Mupirosin gibi poliketidler bitki patojenlerinin baskılanmasında oldukça etkilidir (Fernando ve ark., 2005). Bitki patojenlerini bastırmak için çeşitli mekanizmalar çalışıyor olsa da floresan pseudomonadlar tarafından üretilen antibiyotikler, hastalık gelişimini ve patojenleri kontrol etmede çok önemli bir faktör olmaya devam etmektedir. Üretilen çeşitli hücre dışı metabolitler arasında DAPG, bitki korumada birinci derecede öneme sahiptir.

Pyoluteorin (Plt), resorsinol halkalı fenolik bir poliketiddir. İlk defa *P. aeruginosa*'dan 1958 yılında izole edilmiş, ardından *P. fluorescens* Pf-5 ve *P. fluorescens* CHAO suşundan izole edilmiştir. Pyoluteorin (Plt) bakterisidal, herbisidal ve fungisidal özelliklere sahiptir. Pamuk tohumlarına Plt uygulaması pamukta solgunluk hastalığını baskıladığı bildirilmiştir (Howell ve Stipanoviç, 1980).

Psödomonik asit olarak da bilinen Mupirosin ise bakterisidal aktiviteden sorumludur (Fuller ve ark., 1971). Mupirosin, izolösil-tRNA sentetazını inhibe eder ve izolösinin yeni sentezlenmiş proteinlere dahil edilmesini önler. Mupirosin üreten *P. fluorescens* suşları, hedef bölgedeki izolösil-tRNA sentetazını değiştirerek antibiyotiğin engelleyici etkilerini



bertaraf eder. Mupirosin, *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Haemophilus influenzae* ve *Neisseria gonorrhoeae*'ye karşı yüksek düzeyde antibakteriyel aktivite sergiler.

Ancak Gram (+) *Bacillus* spp. ve anaeroblara karşı daha az duyarlıdır (Sutherland ve ark. 1985). Rizobakteriler tarafından antibiyotik üretimi antifungal aktivite ve bitki gelişimini teşvik etmesi açısından öngörülen en önemli faktörlerden biridir. Bu antibiyotiklerin saflaştırılmış antibiyotikler kullanılarak yapılan mutant analizler ve biyokimyasal çalışmalar ile birçok biyokontrol sisteminde hastalık baskılanmasında rol oynadığı gösterilmiştir.

Bu antimikrobiyal bileşikler; fungus spor çimlenmesinin inhibisyonu, fungus misellerinin parçalanması veya fungus öldürücü etkiler yaparak bitki patojeni mantarlarda biyokontrol ajanı olarak faaliyet yürütürler. Bakterilerde antibiyotiklerin sentezinden sorumlu olan genler büyük ölçüde korunur. N-açıl homoserin laktonlar ve sigma faktörleri gibi endojen sinyaller dizisi antibiyotiklerin sentezini düzenler.

PGPR tarafından üretilen antibiyotikler arasında 2,4 diacetyl phloroglucinol, fenazin-1-karboksilik asit, fenazin-1-karboksamid, pyoluteorin, pirrolnitrin, oomycinA, viskosinamid, butirolaktonlar, kanosamin, zwittermycin-A, aerugine, rhamnolipidler, cepaciamide A, ecomisinler, psödomonik asit, azomisin, antitümör antibiyotikler, cepafunginler ve karalisin yer alır (Tablo 1.7).

Bu antibiyotiklerin antiviral, antimikrobiyal, antihelmintik, fitotoksik, antioksidan, sitotoksik, antitümör ve bitki büyümesini teşvik edici aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir (Bender ve ark., 1999). Bu nedenle antibiyoz, rizosferdeki patojenleri baskılamak için oldukça etkili mekanizmalardan biridir. Tarımda bitki patojenlerine karşı mikrobiyal antagonistlerin kullanımı kimyasal pestisitlere alternatif olarak önerilmiştir.

**Tablo 1.8.** PGPR Tarafından Üretilen Antibiyotikler ve Hedef Patojenler (Sayyed ve ark., 2019)

PGPR	Üretilen Antibiyotik	Hedef Patojen	Kaynak
<i>Pseudomonas</i> spp.	2, 4-Diacetylphloro Glucinol (2, 4- DAPG)	<i>G. graminis</i>	Souza ve ark., (2003)
<i>P. fluorescens</i>	Phenazine-1-carboxylic acid (PCA)	Patojenik fungus	Waller, (2007)
<i>B. amyloliquefaciens</i>	Lipopeptide ve polyketide	Buğday mozaik virüsü	Sacherer ve ark., (1994)
<i>Pseudomonas</i> spp.	Phenazine	<i>F. oxysporum</i> <i>G. graminis</i>	Woeng ve ark., (2003)
<i>P. chlororaphis</i> PCL1391	Phena-zine-1-carboxamide	Patojenik fungus	Hernandez ve ark., (2004)
<i>Bacillus</i> spp.	Polymyxin Circulin Colistin	Patojenik fungus	Maksimov ve ark., (2011)
<i>P. cepacian</i>	Pyrrolnitritin	<i>B. maydis</i>	Sayyed ve ark., (2013)
<i>P. fluorescens</i> Pf5		<i>S. homoecarpa</i>	
<i>P. fluorescens</i> 2-79	Phenazines	Patojenik bakteri Fungus	
<i>P. aureofaciens</i> 30-84		<i>G. graminis</i>	
<i>P. aureofaciens</i> PGS12		<i>G. graminis</i>	
<i>B. subtilis</i>	Iturin Fengycin	<i>P. fusca</i>	Romero ve ark., (2007)
<i>Bacillus</i> spp. <i>Streptomyces</i> spp. <i>Stenotrophomonas</i> spp.	Oligomycin A Kanosamine  Zwittermicin A Xanthobaccin	Patojenik fungusların çoğalmasını önleme	Compant ve ark., (2005)

Bakteriler tarafından üretilen bir diğer önemli antibiyotik sınıfı bakteriyosinlerdir. Bakteriyosinler genellikle Gram (-) ve Gram (+) bakteriler tarafından üretilen protein yapılarıdır. Bakteriyosinler, negatif yüklü fosfolipidlerin membran çift tabakasına kolayca bağlanan güçlü katyonik peptitlerdir. Bakteriyel hedef membranlar ve bakteriyosinlerin hidrofobik elementleri arasındaki etkileşim, spesifik olmayan iyonik kanallar ve gözenekler oluşturur. Gözenek oluşumu sonucu iyonlar, ATP ve küçük proteinler gibi hücre içi bileşenlerin sızmasına neden olarak topluca hücre ölümüne yol açar (Bharti ve ark., 2015). Yüksek derecede özgüllükleri nedeniyle aynı türlerin farklı suşlarına karşı inhibitör etki gösterirler. İlk defa 1953 yılında tanımlanan bakteriyosinler, hedef suşun büyüme koşullarına ve bakteriyosin konsantrasyonuna bağlı olarak bakterisidal veya bakteriyostatik etki gösterirler (Nes ve ark., 2006).

Genellikle düşük molekül ağırlığa (nadiren 10 kDa'nın üzerinde) sahip olan bakteriyosinler, ribozomal olarak sentezlenen antibakteriyel peptitlerdir (Arnison ve ark., 2013). Kendine yakın suşları inhibe etmeleri, çok düşük konsantrasyonlarda aktif olmaları ve ribozomda oluşmaları bakımından antibiyotiklerden ayrılırlar. Gram-negatif veya Gram-pozitif çoğu bakteri en az bir tür bakteriyosin üretir, arkeler ise arkeosin olarak bilinen bakteriyosin ve benzeri antimikrobikler üretebilirler (Riley ve Wertz, 2002).

Bakteriyosinler post-translasyonel modifikasyona uğrarlar ve protein yapıları olduğundan dolayı hayvanların sindirim sisteminde parçalanabilirler, dolayısıyla bu durum gıdalarda doğal koruyucular olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Gram (+) bakteriler arasında laktik asit bakteriler (LAB), özellikle *Lactobacillus* spp.) bakteriyosinlerin üretimi nedeniyle günümüzde özel ilgi görmektedir. LAB ve metabolik ürünlerinin kullanımı genellikle güvenli olarak kabul edilir. LAB tarafından üretilen bakteriyosinler arasında nisin A ve doğal varyantı nisin Z'nin gıda zehirlenmesine ve bozulmaya neden olan mikrobiyal ajanlara karşı oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır (Şekil 1.14). Nisin, gıda endüstrisinde resmi olarak kullanılan ve kullanımı dünya çapında onaylanan tek bakteriyosindir (Cleveland ve ark., 2001).

<b>Bakteriosin</b>	<b>Bakteriosin Üreten Suş</b>
Lactacin F	<i>L. johnsonii</i> spp.
Lactocin 705	<i>L. casei</i> spp.
Lactocin G	<i>L. lactis</i> spp.
Lactococcin MN	<i>Lactococcus lactis</i> var cremoris
Nisin	<i>Lactococcus lactis</i>
Leucocin H	<i>Leuconostoc</i> spp.
Plantaricin EF, Plantaricin W, Plantaricin JK, Plantaricin S	<i>L. plantarum</i> spp.

**Şekil 1.14.** Laktik Asit Bakterileri Tarafından Üretilen Bakteriosinler (Zacharof ve Lovitt, 2012)

Bakteriyosinler gıda endüstrisinde ve ilaçlarda etkili biyokontrol ajanları olabilirken, tarımsal uygulama potansiyelleri üzerinde çok az çalışma yapılmıştır. Çevresel olarak sürdürülebilir tarımın sağlanması amacıyla kimyasal gübrelerin, herbisitlerin ve pestisitlerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına ihtiyaç vardır.

Gram negatif bakteriler tarafından salgılanan bakteriyosinler boyutlarına göre tipik olarak dört kategoriye ayrılır. Bunlar; kolisinler, kolisin benzeri bakteriyosinler, mikrosinler ve faj kuyruğu benzeri bakteriyosinlerdir (Chavan ve Riley, 2007). Bakteriyosinler; molekül büyüklüğü, ısı stabilitesi, kimyasal yapı ve etki mekanizması temel alınarak 3 büyük sınıf altında toplanmıştır (Drider ve ark., 2006).

Sınıf I (Lantibiyotikler): Bileşimlerinde nadir termostabil aminoasitler bulunduran Lantibiyotikler küçük peptitlerdir. Bu sınıfın ana temsilcisi bazı *Lactococcus* cinsleri tarafından üretilen nisindir. 34 aminoasitten oluşan nisin'in iki varyantı nisin A ve nisin Z'dir. Bunlar yapısal olarak yalnızca bir aminoasitte farklılık gösterse de benzer özelliklere sahiptir.

Sınıf II: Bu alt sınıf, amfifilik sarmal yapıya sahip küçük termostabil peptidlerden oluşur. Hedef hücrenin sitoplazmik membranına girerek membran depolarizasyonunu ve hücre ölümünü teşvik eder.

Sınıf III: Bu sınıf, karmaşık aktiviteye ve protein yapısına sahip büyük termolabil bakteriyosinleri içerir. Etki mekanizmaları, hedef mikroorganizmanın hücre duvarının parçalanmasını teşvik etmeleri bakımından diğer bakteriyosinlerden farklıdır.

#### 1.4.4. Litik Enzim Üretimi

Selüloz, hemiselüloz, kitin ve protein gibi birçok polimerik bileşik çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilen litik enzimler tarafından hidrolize edilebilir. Hidrolitik enzimler, kitin içindeki glikozidik bağların parçalanmasında yetkindir ve bu nedenle fitopatojenlerin hücre duvarını bozarak çeşitli bitki hastalıklarının biyolojik kontrolünde dinamik bir işlev görürler (Jadhav ve ark., 2017). Hidrolitik enzim üreten PGPR'nin biberde *P. capsici*, *Fusarium* spp. enfeksiyonu ve *P. ultimum*'un neden olduğu yanıklığı kontrol etmede etkili olduğu tespit edilmiştir (Jung ve ark., 2007).

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler, biyokontrol ajanları olarak kullanılan çeşitli hidrolitik enzimleri üretirler. Hücre duvarını parçalayan enzimlerin etkisiyle patojenlerin yok edilmesi süreci parazitizm olarak bilinir. Hücre duvarının parçalanması yoluyla fitopatojenlerin büyümesini ve aktivitelerini doğrudan baskılar böylece bitki büyümesini ve gelişmesini artırır. Rizobakteriler tarafından salgılanan kitinazlar, selülazlar, lipazlar,  $\beta$ -1,3-glukanazlar ve proteazlar gibi litik enzimler fitopatojenin hücresel bileşenlerine zarar verir (Markovich ve Kononova, 2003). Örneğin *Lysobacter enzymogenes* tarafından üretilen  $\beta$ -1,3-glukanaz hücreyi parçalar.

Kitinazlar, boyutları 20 kDa ile yaklaşık 90 kDa arasında değişen glikosil hidrolazlardır. Kitinazlar, bakterilerin yanı sıra mantarlar da dahil olmak üzere çeşitli biyokontrol ajanlarının önemli bir metabolitidir. Oomycetes dışında çoğu fitopatojenik mantarın hücre duvarları, amino şeker N-asetil D-glukozamin'in  $\beta$ -1,4-bağlı birimlerinden oluşan dalsız, uzun zincirli bir glikoz türev polimeri olan kitinden ( $C_8H_{13}O_5N$ ) oluşur (Shaikh ve Sayyed, 2015). *Serratia*, *Aeromonas*, *Enterobacter* gibi cinsler kitinaz üreten başlıca bakteri gruplarıdır. *S. marcescens*'in çeşitli suşları en etkili kitinaz üreten ajanlar olarak rapor edilmiştir (Horn ve ark., 2006). Bu kitinazlar ChiA, ChiB ve ChiC1 olarak adlandırılır. Bakteriyel biyokontrol ajanlarından saflaştırılan kitinazlar; *A. parasiticus*, *Fusarium* sp., *B. cinerea* ve *R. solani* gibi fitopatojenlerin baskılanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Chernin ve ark., 1995).

Kitinaz salgılayan *Serratia plymuthica*, patojenik mantar *B. cinerea*'nın çimlenmesini ve germ tüpünün uzamasını engeller (Frankowski, 2001). Ayçiçeği rizosferinden elde edilen *Pseudomonas maltophila* tarafından üretilen kitinazın iki kök çürüklüğü patojeni olan *R. solani* ve *S. sclerotiorum*'a karşı antifungal aktivite gösterdikleri, *P. maltophila* tarafından üretilen kitinazın fungusların miselyumlarını parçaladığı bildirilmiştir (Kohli ve ark.,

2006). *P. stutzeri* tarafından üretilen ekstraselüler kitinaz ve laminarinaz, spor çimlenmesinden ziyade misel büyümesinin inhibisyonu üzerinde belirgin bir etki gösterdiği ve *F. solani* miselinin parçalanmasına neden olduğu belirtilmiştir. Bu enzimlerin toprak kaynaklı patojenlerin hücre duvarı bileşenlerini parçaladıkları için patojenlerin kontrolünü çevreye zarar vermeden sağladıkları ifade edilmektedir (Aeron ve ark., 2001).

Proteaz enzimleri, ana proteinleri peptit zincirlerine ayırır. Bakteriyel proteazlar genellikle hücre dışıdır, daha büyük miktarlarda kolaylıkla üretilir ve çeşitli çevresel koşullar altında aktiftir. *Paenibacillus* spp. tarafından üretilen proteaz, *Phytophthora parasitica*'nın misel büyümesinin inhibisyonundan sorumludur. *B. cereus*, *B. stearothermophilus*, *B. mojavensis*, *B. megaterium* ve *B. subtilis* gibi çeşitli *Bacillus* türlerinin proteaz ürettiği bilinmektedir (Sookkheo ve ark., 2000).

Bir diğer litik enzim olan selülazlar, selülozun hidrolizini katalize eden ve esas olarak mantarlar, bakteriler ve protozoaların yanı sıra bitkiler ve hayvanlar gibi diğer organizmalar tarafından üretilen enzimlerdir. Selülazlar, selülozdaki 1,4- $\beta$ -D-glikozidik bağların hidrolizini katalize eder ve bu polisakkariti geri dönüştürerek doğada önemli bir rol oynar (Lee ve Koo 2001). Selülazlar, endo-1,4- $\beta$ -glukanaz enzimleri ile ekso-1,4- $\beta$ -glukanaz enzimlerinin bir karışımıdır. Endo-1,4- $\beta$ -glukanaz iç bağları parçalarken, ekso-1,4- $\beta$ -glukanaz selüloz ipliklerinin ve selobiozun uçlarından iki ile dört üniteyi ayırır böylece selobioz iki glikoz parçasına ayrılmış olur.

Bir diğer hidrolitik enzim olan  $\beta$ -1,3-Glukanazlar ise bakteri, mantar ve yüksek bitkilerde hücre duvarının parçalanmasında görev alır. Glukanaz, hücre duvarının bozulmasına ve konakçı miselyuma daha fazla nüfuz etmesine neden olur. Bu enzimler, substratı iki olası mekanizma ile hidrolize edebilir: ya indirgeyici olmayan uçtan glikoz kalıntılarını sırayla parçalayarak substratı hidrolize eder ya da polisakkarit zinciri boyunca rastgele bölgelerdeki bağları kırarak daha küçük oligosakkaritleri serbest bırakır. *P. cepacia*, 1,3-glukanaz (laminarinaz) üretimine bağlı olarak *R. solani*, *S. rolfii* ve *P. ultimum*'un neden olduğu hastalıkların görülme sıklığını azaltmıştır (Noronha ve Ulhoa, 1996).

#### **1.4.5. Uyarılmış Sistemik Direnç (ISR)**

Bitkiler patojen (mantarlar, bakteriler, virüsler, nematodlar ve böcekler) saldırısına yanıt olarak biyotik strese girer ve durumla başa çıkmak için bir tür savunma mekanizması geliştirir. Bitkinin pasif (yapıcı) ve aktif (uyarılma) olmak üzere iki tür savunma

mekanizması vardır; Pasif savunmada bitki yüzeyinin hasarlı bölgelerinde fenoller, reçineler, tanenler ve alkaloidler gibi bitki metabolitleri salgılanır. Bu metabolitler bazı patojenler için toksik etki gösterir (Annapurna ve ark., 2013). Aktif savunma mekanizmasında patojenin saldırısına yanıt olarak bitki duvar mukavemeti olarak bilinen dış tabakanın kalınlaşması gibi bazı değişiklikler içerir, böylece patojenin bitki yüzeyinden istila etmesi zorlaşır. Ayrıca bitkiler aşırı duyarlı tepkiler geliştirerek aktif savunma da gösterirler. Aşırı duyarlı yanıtta, patojen enfeksiyon bölgesine yakın hücreler nekrotik hale gelir ve metabolik olarak etkisizleşirler. Hücreler toksik bileşikler biriktirmeye ve bağışıklık tepkisi olarak fitoaleksinin salgılamaya başlarlar (Pieterse ve ark., 1996).

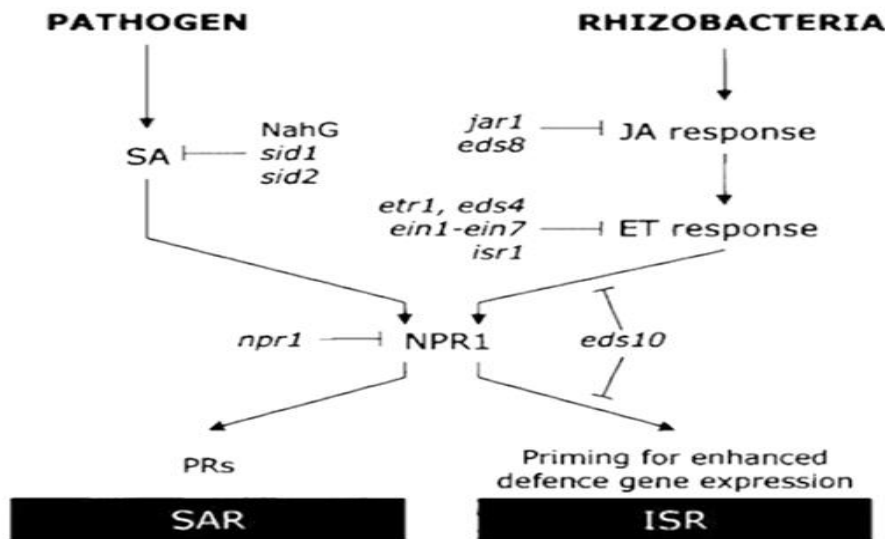
Eksojen kimyasal ajanlar ve patojenik organizmalar tarafından indüklenen sistemik direnç, sistemik kazanılmış direnç (SAR) olarak adlandırılırken, PGPR aracılı koruma genellikle ISR (indüklenen sistemik direnç) olarak adlandırılır. Tüm bitkiler patojen saldırısına karşı aktif savunma mekanizmalarına sahiptir. Savunma mekanizmaları, bir bitki patojeni tarafından enfeksiyondan önce bir uyarı tarafından tetiklenirse, hastalık insidansı azaltılabilir (Kloepper ve ark., 1992). ISR ile ilişkilendirilen fenilalanin amonyak liyaz (PAL), kitinaz, b-1,3-glukanaz, peroksidaz (PO), polifenol oksidaz (PPO), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), lipoksijenaz (LOX), askorbat peroksidaz (APX) gibi çok sayıda savunma enzimi bulunur (Koch ve ark., 1992). Bu enzimler ayrıca direncin indüklenmesindeki ilk adımları ortaya çıkaran fitoaleksinin ve fenolik bileşiklerin serbest bırakılmasını da sağlar. ISR-pozitif bitkilerin, savunma mekanizmalarını indükleyerek patojen saldırısına daha hızlı ve daha güçlü tepki vermelerini kolaylaştırır. ISR, direnç indükleyen PGPB ile patojen arasında doğrudan bir etkileşimi gerektirmez ve belirli patojenleri hedef almaz. Aksine, farklı patojenlerin neden olduğu hastalıkları kontrol etmede etkili olabilir. ISR, bitki içinde jasmonat ve etilen sinyalini içerir ve bu hormonlar, konakçı bitkinin bir dizi patojene karşı savunma tepkilerini uyarır (Van Loon ve ark., 1997) (Şekil 1.15).

Etilen ve jasmonatın yanı sıra, sistemik direncin uyarılması için bakteriyel dış zar proteini lipopolisakkaritin O-antijenik yan zinciri, flagellar proteinler, piyoverdin, kitin,  $\beta$ -glukanlar, siklik lipopeptit yüzey aktif cisimleri ve salisilik asit gibi diğer bakteri moleküllerinin hepsinin sinyal görevi gördüğü rapor edilmiştir (De Meyer ve ark., 1999).

Son yıllarda, tarla koşullarında kültür bitkilerinde farklı patojenlere karşı sistemik direnç indükleyicisi olarak PGPR'nin kullanımı belirtilmiştir (Wei ve ark., 1996). PGPR aracılı

sistemik direncin, kabakta *Phytophthora capsici*'nin neden olduğu Phytophthora yanıklığını etkili bir şekilde bastırıldığı gösterilmiştir. PGPR kullanımı ile virüslere karşı sistemik direnç gelişimi de bir dizi önemli bitkide rapor edilmiştir. *P. putida* suşu 89B-61 ve *S. marcescens* suşu 90-166 karışımının salatalık ve domates bitkisi tohumlarıyla muamele edildiğinde salatalık mozaik virüsüne (CMV) karşı sistemik direnci geliştirdiği görülmüştür (Raupach ve ark. 1996). *B. cereus* (I-35) ve *Stenotrophomonas* sp. (II-10) suşu karışımının acı biber (*Capsicum annuum*) tohumuna uygulanmasının TMV ve damar benek virüsünün (ChiVMV) etkisini azalttığı görülmüştür (Damayanti ve Katerina, 2008).

Benzer şekilde *B. amyloliquefaciens* 937 a, *B. subtilis* 937 b ve *B. pumilus* SE34 suşlarının domates bitkisinde Domates Benek Virüsüne (ToMoV) karşı direncin önemli ölçüde artmasına aracılık ettiği gözlemlenmiştir (Murphy ve ark., 2000).



Şekil 1.15. Rizobakterilerin Aracılık Ettiği ISR Sinyal İletimi (Pieterse ve ark., 2002)

### 1.5. Biyogübre Olarak Kullanılan PGPR'lar

Toprak içerisinde bitkiler için gerekli olan çok sayıdaki makro ve mikro besin elementleri bulunmaktadır. Ancak bu besin maddelerinin bir kısmı bitkilerin doğrudan alabileceği formda iken, diğer kısmı doğrudan bitkilerin alabileceği formda olmayıp topraktaki canlı organizmalar sayesinde bitkilerin alabileceği forma dönüştürülmektedir. Tarımda fazla miktarda kimyasal gübre ve ilaç kullanımı bitkilerde beslenme sorununu da beraberinde getirmektedir. Bu durum ise ürünün veriminde ve kalitesinde ciddi kayıplara neden



olmakta ve geri dönüşü olmayan çevre sorunlarına yol açmaktadır. Azot döngüsü ve dengesi bozulmakta, yeraltı suları kirlenmekte, sera gazlarının etkisiyle iklimler değişmekte, pestisitlere karşı direnç artmakta ve pestisit kalıntıları insan sağlığı açısından risk teşkil etmektedir. Böylece tarım arazilerinde pestisit ve zehirli kimyasal birikim sonucu doğal denge bozulmakta ve toprakta bulunan birçok yararlı mikroorganizma da yok olmaktadır. Sonuç olarak topraklarda kimyasal gübre ve pestisit kullanılmadan tarım yapılamaz hale gelmektedir (Kotan, 2009).

Toprak verimliliği topraktaki biyolojik süreç, aktivite ve çeşitliliği ile yakından ilişkilidir. Dolayısıyla toprak sağlığı; bitki ve çevre sağlığını, gıda güvenliğini ve kalitesini yakından etkilemektedir (Singh ve ark., 2019).

Toprakta çok sayıda bakteri olmasına rağmen bitkilerin rizosferinde gelişen, çeşitli mekanizmalar kullanarak bitki büyümesini uyaran toprak bakterilerine PGPB (bitki büyümesini teşvik eden bakteriler) denir. Bu bakteriler daha çok; *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*; *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Chromatium*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine aittir. Bu bakterilerin etki biçimlerinin araştırılarak ticari biyogübre olarak kullanmaları için yapılan çalışmalar hızla artmaktadır (Vessey, 2003).

Biyogübre olarak kullanılan organizmalar tohuma, bitki yüzeylerine veya toprağa uygulandığında konukçu bitkiye birincil besin maddelerinin tedarikini veya kullanılabilirliğini artırarak büyümeyi teşvik eden, rizosferde kolonize olabilen veya bitki dokularına yerleşebilen canlı mikroorganizmalardır. Son yıllarda bitkisel gelişmeyi teşvik edici ve artırıcı *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Klebsiella* ve *Staphylococcus* gibi bakteri cinslerinin ve bazı *Aspergillus*, *Penicillium* cinslerine ait fungusların biyolojik gübre olarak kullanımıyla ilgili çalışmalardan olumlu sonuçlar alınmaktadır (Çakmakçı, 2005).

Günümüze kadar yapılan çoğu çalışmada; bitki büyümesini teşvik edici bakteri (PGPB) uygulamaları ile susuzluğa tolerans, verim, çimlenme oranı, kök gelişmesi, yaprak alanı, klorofil, protein, azot oranı, hidrolik aktivite, kök, gövde, sürgün ağırlığının arttığı ve bazı hastalıklara karşı direnç sağladığının tespit edildiği bildirilmektedir (Çakmakçı, 2005).

### ***Bacillus* spp.**

Biyogübre denilince akla ilk gelen rizosfer elamanı *Bacillus* cinsine ait türlerdir. *Bacillus* spp. türleri; pamuk, üzüm, bezelye, ladin ve mısır dahil olmak üzere çeşitli bitki türlerinin iç dokularının yerleşik mikroflorasında yaygın olarak bulunmakla birlikte bitki korumada ve büyümeyi teşvik etmede önemli rol oynarlar (Berg ve ark., 2005). *Brevibacillus* spp. olarak yeniden adlandırılan *B. brevis* türünün üyeleri hem toprak hem de su habitatlarında bulunur. *B. sphaericus* türü daha ziyade böcek patojeni olarak bilinir ve böcek larvalarının geliştiği havuzlar, göller ve drenaj hendeklerinin tortularında bulunur. Toprakta ve rizosferde sıklıkla *Bacillus* ve *Paenibacillus* cinslerinin bulunmasına rağmen bu cinsin en yaygın olarak izole edilen türleri hakkında sadece sınırlı çalışmalar mevcuttur. *B. megaterium* en bol bulunan tür olarak bilinir ancak çoğu toprakta tek bir türün sayısal olarak baskın olması olası değildir (Liu ve Sinclair, 1992).

Yakın zamanda *Paenibacillus* spp. olarak adlandırılan *B. polymyxa* grubu türler, genellikle çürüten bitki materyalleri, kompostlar ve rizosferde bulunur. *Bacillus* spp. ve *Paenibacillus* spp.'nin, indol-3-asetik asit (IAA), giberellinler ve sitokininler gibi bitki büyüme düzenleyicilerini sentezleyerek bitki büyümesini teşvik ettikleri bilinmektedir. Bakterilerde IAA'nın biyosentezi ile; kök vasküler doku farklılaşması, yanal kök gelişimi, kök gravitropizma (yerçekimine yönelim) gibi bitki büyüme ve gelişmesinde çok çeşitli işlevler kontrol edilir ve bitki kök yapısını şekillendirmede anahtar bir bileşen olarak görev yapar (Aloni ve ark. 2006). *Bacillus*lar tarafından üretilen antibiyotikler, biyokontrol ajanı olarak kullanılmalarının önünü açmıştır. Bais ve ark., (2004) *Arabidopsis thaliana* bitkisinde *Pseudomonas syringae*'nin neden olduğu enfeksiyona karşı *B. subtilis* tarafından üretilen surfaktinin koruyucu etkisini ortaya koymuşlar ve surfaktinin sadece kök kolonizasyonu için gerekli olmadığını aynı zamanda patojene karşı da koruma sağladığını öne sürmüşlerdir.

Ayrıca Moyne ve ark., (2001) basilomisin ile benzerlik gösteren mantar önleyici peptitler üretebilen *B. subtilis* AU195 suşunu tanımlamışlardır. AU195 suşunun, *Aspergillus flavus*'a ve diğer bitki patojenik mantarlara karşı güçlü antagonistik aktivite sergilediğini bildirmişlerdir.

## **Cyanobacteria spp.**

Biyogübre olarak kullanılan diğer bir grup, mavi-yeşil alg olarak da bilinen siyanobakterilerdir. Bu tek hücreli prokaryot-fotosentetik canlıların normal habitatları tatlı sular, deniz ve karasal ortamlar olsa da kaplıca ve buzullarda da yaşayabilmektedirler (Nagarajan, 2011). Siyanobakteriler epifit olarak yaşadığı bitkilere içerdikleri nitrojenaz enzimi sayesinde azot tedarik eder ayrıca fosfat çözerek bitki gelişimini teşvik ederler. Atmosferik azotu amonyum formuna dönüştürerek bitkinin kullanabileceği seviyeye indirirler. Ayrıca ürettikleri sinyal moleküller vasıtasıyla konak bitkinin gen ifadesini değiştirirler. Tıpkı Rhizobia tarafından üretilen nod faktör sinyallerine benzer proteinler, vitaminler, karbonhidratlar, aminoasitler, flavonoid ve fitohormon gibi sinyaller üreterek bitkide çimlenme, kök ve nodül oluşumu, meyve olgunlaşması, çiçeklenme gibi çeşitli fizyolojik süreçleri tetiklerler. Bununla beraber simbiyotik olarak yaşadığı bitkiye arabinogakan proteinleri sentezlettikleri de tespit edilmiştir (Abdel-Raouf ve ark., 2012).

Prasanna ve ark., (2009), Hindistan'daki çeltik tarlalarından aldıkları rizosferik toprak örneklerinde siyanobakteri içeriğini incelemişler, rizosferde bulunan toplam mikroorganizmaların %80'inin siyanobakteriler olduğunu ve bunların da *Nostoc* spp., *Anabaena* spp., *Flahault* spp. cinslerine ait olduklarını bildirmişlerdir. Siyanobakteriler tarafından üretilen metabolitler gibereellik asit, oksin, sitokin, etilen benzeri etkiler yaparak bitki sürgün-kök gelişimini, çimlenme oranını, fide uzunluğunu artırır (Tablo 1.9).

**Tablo 1.9.** Siyanobakteri Tarafından Üretilen Bazı Bitki Gelişimini Teşvik Eden Hormonlar (Kumar ve ark., 2019)

<b>Siyanobakteri</b>	<b>Grup</b>	<b>Hormon</b>	<b>Kaynak</b>
<i>Calothrix</i> spp.,	Cyanophyta	Oksin, sitokin, kinetin benzeri aktivite	Osman ve ark., 2010
<i>Kamptonema animale</i>	Cyanophyta	İndol-3-asetik asit	Osman ve ark., 2010
<i>Nostoc</i> spp.	Cyanophyta	İndol-3-asetik asit	Shariatmadari ve ark., 2013
<i>Aphanothece</i> sp. C.Nägeli MBDU515	Cyanophyta	İndol-3-asetik asit	Rodriguez ve ark., 2006
<i>Wolleea vaginicola</i> (F.E.Fritsch & Rich) R.N.Singh,	Cyanophyta	İndol-3-asetik asit, indol- bütirik asit, indol-3- propionik asit	Khan ve ark., 2012
<i>Nostoc calcicola</i> Brébisson ex Bornet & Flahault	Cyanophyta	İndol-3-asetik asit	Khan ve ark., 2012
<i>Tetrademus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne	Cyanophyta	İndol-3-asetik asit	Khan ve ark., 2012
<i>Chroococcus</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Phormidium</i>	Cyanophyta	Sitokin	Zizkova ve ark., 2017

Siyanobakteriler koloni oluşturdıkları için tuzlu topraklara daha toleranslıdırlar. Koloni oluşumu bitki rizosferine çeşitli metabolitler salgılanmasını artırır böylece bu metabolitler bitki gelişimini teşvik edici etki gösterir. Ayrıca salgılanan bu metabolitler bitki hücre çeperini sağlamlaştırıp bitkide fizyolojik süreçleri tetikleyerek sistemik direnç meydana getirmekte ve böylece patojenlere karşı bir bariyer oluşturmaktadır. Örneğin; bir siyanobakteri olan *Calothrix elenkini*'den elde edilen kültür filtratının, *Pythium aphanidermatum* fungusu ile enfekte olmuş biber bitkisinde hastalık şiddetini azalttığı gösterilmiştir (Manjunath ve ark., 2010). Siyanobakteriler tarafından üretilip sinyal molekülü olarak görev yapan vitaminler bitkilerin gelişiminde metabolik süreçlerde anahtar rol oynamaktadır. Bitkide antistres molekülü olarak görev yapan vitaminler, patojenlere ve ekstrem koşullara karşı bitkiye desteklik sağlarlar. Thiamine (vitamin B1), vitamin B2, vitamin B3, vitamin B12, folik asit, askorbik asit gibi vitaminleri bünyesinde barındıran siyanobakteriler bitki büyümesini teşvik eden rizosferin önemli bir parçasıdır. Siyanobakteriler tarafından sentezlenen bir diğer sinyal molekülü polipeptit ve proteinlerdir. Şu ana kadar bitki gelişimini teşvik eden 600'e yakın siyanobakteriyel peptit bilinmektedir (Kehr ve ark., 2011).

### ***Rhizobium spp.***

Biyogübre olarak kullanılan bir diğer mikroorganizma *Rhizobium spp.*'dir. Gram (-), çubuk şeklinde, hareketli, aerobik, endospor oluşturmeyen Rhizobium, Eubacteriales takımının Rhizobiaceae familyasına aittir. Büyümeleri için gerekli sıcaklık 25°C-30°C, pH ise 6-7 aralığındadır. Karbon kaynağı olarak çeşitli karbonhidratları ve organik asit tuzlarını kullanan kemoorganotrofik bakterilerdir. Bu bakterilerin teşhisinde morfolojik ve biyokimyasal testlerin yanısıra onlar için selektif bir besiyeri olan Yeast Mannitol Agar (YMA) kullanılır. Bazı türleri Brom-Timol Mavili YMA besiyerinde ürediklerinde doğal rengi yeşil olan besiyerini maviye veya sarıya dönüştürürler.

Bu bakteriler baklagillerle (bezelye, yer fıstığı, fasulye, yonca, üçgül, acı bakla, soya fasulyesi) simbiyotik ilişki içinde yaşarlar ve bitki için gerekli olan azotu fikse ederek amonyuma dönüştürürler (Öğütücü, 2000). Baklagillerde etkili azot bağlayıcı nodüller oluşturabilen Rhizobium suşları biyogübre üretiminde önemli bir yere sahiptir. Fitohormonlar, hücre dışı polisakaritler ve hidrolitik enzimler rhizobium-bitki simbiyozunu yöneterek konakçıya özgü sinyalleri düzenleyen moleküllerdir. Bitki, bakteride gen ekspresyonunu indükleyen genellikle flavonoid bir sinyal üretirken bakteri de erken nodül

gelişimini tetikleyen bir sinyal sentezler. Nodülün şekli bakteri tarafından değil bitki tarafından belirlenir. Nodül tiplerinden biri, yonca ve bezelye köklerinde gelişen belirsiz (meristematik veya silindirik olarak da adlandırılır) nodül tipidir. Diğeri ise, soya fasulyesi, fasulye ve bezelye tarafından oluşturulan küresel yapıdaki nodüldür (Long, 1996).

Biyolojik yolla bağlanan azot miktarının %50'si baklagil-rhizobium birliği tarafından gerçekleştirilir (Sarıoğlu ve ark., 1993). Tarımda baklagillerin verimini ve toprak azot miktarını artırmak için rhizobium biyogübreleri önerilir. Rhizobium ile aşılama bitkilerde bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık gibi büyüme ve verim parametreleri kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttığı bildirilmektedir (Datta, 2015). Aşılama kullanılan rhizobium suşları arasında simbiyotik etkinlik bakımından büyük farklar bulunmakta, bazı rhizobium suşları ile yapılan aşılama nodül ağırlığını, nodül sayısını ve bitkideki azot miktarını önemli ölçüde artırmaktadır. Yonca bitkisinde, aşılama kullanılan rhizobium suşlarının çeşitine bağlı olarak dekara 20-40 kg arasında azot bağlandığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Provorov ve ark., 1994). Ayrıca *R. meliloti* suşlarının çemen bitkisi (*Trigonella foenum L.*)'ne aşılması ile ilgili çalışmalarda bitkinin tane ve tohum veriminin aşılama kontrol grubuna kıyasla arttığı belirtilmiştir (Tunçtürk ve ark., 2016). Başka bir çalışmada ise; *R. leguminosarum* suşlarının fiğ (*Vicia sativa L.*) bitkisine aşılması sonucunda bitki protein oranının %23.93 ve kuru madde oranının %88.56 arttığı tespit edilmiştir (Burak ve İdikut, 2012).

### ***Trichoderma spp.***

Biyogübre olarak sıklıkla kullanılan bir diğer mikroorganizma *Trichoderma spp.*'dir. Bir toprak mantarı olan *Trichoderma spp.* esas olarak bir biyokontrol ajanı olarak bilinmesine rağmen aynı zamanda doğrudan bitki büyümesini teşvik edici özelliklere sahiptir. *Trichoderma spp.*'nin optimal olmayan büyüme koşullarında bitki direncini, besin alımını, azot kullanım verimliliğini arttırdığı, toprak besin maddelerinin çözünmesini hızlandırdığı, fotosentetik verimi, köklerin gelişimini ve toprak üstü bitki kısımlarının gelişimini arttırdığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Harman ve ark., 2010).

*Trichoderma*, şu anda biyolojik kontrol ajanları olarak kullanılan çeşitli türlerle birlikte yüksek biyoteknolojik değere sahip bir mantar cinsidir. Ayrıca mantarın enzim sistemleri endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. *Trichoderma* cinsleri antibiyotik ve/veya hidrolitik enzimlerin üretimi yoluyla besin maddeleri için rekabet ederek bitki patojenik

mantarları ve Oomisetleri öldürür. Böylece bitkileri toprak kaynaklı bitki patojenlerinin saldırısına karşı korur (Hermosa ve ark., 2013).

*Trichoderma* spp. ayrıca bitki savunmasının uyarılması ve bitki büyümesinin teşvik edilmesi de dahil olmak üzere bitkiler üzerinde faydalı etkilere de sahiptir. Örneğin; salatalık köklerinin *T. asperellum* tarafından kolonizasyonunda bitki için P ve Fe'in emilimini, kuru ağırlığını, sürgün uzunluğunu ve yaprak alanında önemli artışlara neden olur. *T. harzianum*'un sistein açısından zengin hücre duvarı proteini QID74, kök yapısını etkileyerek toplam emici yüzeyi artırır, besin alımını ve sürgünlerdeki besinlerin yer değiştirmesini kolaylaştırır. Böylece N, P, K'un verimli kullanımını sağlayarak bitki biyokütlesinin artırılmasına neden olmaktadır (Samolski ve ark., 2012).

*Trichoderma* spp. tarafından üretilen peptaiboller, 5-20 amino asit uzunluğunda fungus ve bakterilere karşı antibiyotik aktiviteye sahip sekonder metabolit yapıdaki peptitlerdir. Bunlar, 2-aminoizobütirik asit ve diğer proteinojenik olmayan amino asitlerden oluşmaktadır. *Trichoderma* spp. tarafından üretilen peptaibol alamethicin uçucu organik bileşiklerin biyosentezini indüklemektedir (Hermosa ve ark., 2012).

### ***Azospirillum* spp.**

Biyogübre olarak kullanılan PGPR'ların arasında *Azospirillum* cinsi önemli bir yer tutar (Burdman ve ark., 2000; Lucy ve ark., 2004). *Azospirillum* spp., serbest yaşayan Gram negatif, azot sabitleyen rizosfer bakterileri olarak da karakterize edilir. *Azospirillum* cinsi bakteriler, uzun yıllardan beri bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler olarak bilinmektedir. 1980 ve 1990'ların başında *Azospirillum* spp. ile bitki tohumlarına yapılan aşılama deneyleri sonucunda %5 ile %30 arasında değişen önemli verim artışlarının gerçekleştiği gösterilmiştir (Okon ve Labandera 1994). *P. putida* GR12-2 tarafından yapılan IAA üretiminin, *Azospirillum brasilense*'nin kök proliferasyonunu iyileştirerek kök yüzey alanının artmasına neden olduğu böylece topraktan besin ve su alımının artırılmasında etkili olduğu gösterilmiştir (Patten ve Glick, 2002).

Günümüzde bitki gelişimini teşvik eden 17 *Azospirillum* cinsine bağlı tür bulunmaktadır. Bunlar; *A. lipoferum*, *A. canadense*, *A. himalayense*, *A. doebereineriae*, *A. amazonense*, *A. halopraeferens*, *A. irakense*, *A. fermentarium*, *A. largimobile*, *A. oryzae*, *A. melinis*, *A. zae*, *A. humicireducens*, *A. rugosum*, *A. picis*, *A. thiophilum*, *A. formosense* ve *A. brasilense*' dir.

### ***Pseudomonas spp.***

Bitki kök rizosferinde sıklıkla bulunan ve bitki gelişimini teşvik edici diğer bir grup bakteri ise pseudomonaslardır. Floresan psödomonadlar; proteobakterilere ait olup hareketli, Gram negatif, aerobik, düz veya hafif kavisli çubuk şeklinde bakterilerdir (Galli ve ark., 1992). Floresan psödomonadlar, toprak, su ve filoferde yaygın olarak yaşayan ancak organik asitlerin, şekerlerin ve amino asitlerin eksüstasyonu nedeniyle bitki rizosferinde baskın halde bulunmaktadır. Aynı zamanda bunlar bitki hastalıklarının biyokontrolünde yer alan PGPR'lerin en umut verici grubudur.

Saprofitik floresan pseudomonadlar, tarım arazisi topraklarının ve bitki rizosferinin tipik sakinleridir ve bitkilerle çeşitli etkileşimlerde bulunurlar. Besin olarak birçok bitki eksüdasını kullanma yeteneğine sahiptirler (Lugtenberg ve ark., 1999). Ayrıca toprak parçacıklarına ve rizoplana yapışma yeteneği, hareketlilik ve prototrofi gibi önemli özelliklere sahip oldukları bilinmektedir. Floresan pseudomonadlar tarafından bazı antifungal metabolitlerin üretimi bunların en önemli biyokontrol özelliklerinden biri olarak kabul edilir. Antibiyotik üreten floresan pseudomonadlar arasında; *P. fluorescens* 2-79, *P. fluorescens* Pf-5, *P. fluorescens* CHA0, *P. fluorescens* 96.578, *P. fluorescens* DR 54, *P. aureofaciens* 30-84 ve *P. chlororaphis* PCL1391 bulunur (Tablo 1.7). Bununla birlikte dağılımları rekabet, mevcut karbon, azot, kükürt, fosfat ve mikro besin kaynaklarına bağlı olarak rizosferler arasında değişkenlik gösterir. Bitki rizosferindeki zararlı organizmaların floresan pseudomonadlar tarafından rekabetçi bir şekilde elimine edilmesi pseudomonasların önemli bir patojen baskılayıcı, biyokontrol özelliği olarak kabul edilir (Hattori, 1988).

Sonuç olarak; pseudomonasların bitki büyümesi ve verimi üzerindeki faydalı etkileri; rekabet, kök kolonizasyon potansiyeli, fosfat çözücülüğü, demirin tutulması, bitki büyüme düzenleyicilerinin üretimi, vitaminler, bitki besin alımının artırılması, antibiyotik üretimi, mantar hücre duvarını bozan enzimlerin sentezi, patojenik mikroorganizmaların baskılanması ve fitopatogenlere karşı sistemik direncin indüklenmesi şeklinde özetlenebilir. Dolayısıyla sürdürülebilir tarım için biyokontrol ajanı ve biyogübre olarak faaliyet gösteren floresan pseudomonadlar oldukça değerlidir.

## 1.6. PGPR Ağır Metal Dirençliliği

Ağır metaller, tarım toprakları da dahil olmak üzere çevrede ciddi kirleticiler olarak kabul edilmektedir (Wei ve Yang, 2010). Toprakta ağır metal birikiminin başlıca nedenleri arasında pestisitler, gübreler ve metalle kirlenmiş kanalizasyon suları yer alır (Kim ve ark., 1998). Tarım topraklarındaki ağır metal iyonlarının artması insan ve tarım sağlığını etkileyen önemli bir çevre sorunudur. Ayrıca ağır metal birikimi toprak mikrobiyal aktivitesinin ve toprak verimliliğinin azalmasına ve ürünlerde verim kaybına yol açar. Ağır metallerin yüksek konsantrasyonu bitki büyümesini ve gelişimini olumsuz etkiler. Ayrıca toprakta çeşitli kirleticilerin bulunması nedeniyle toprak mikroorganizmalarının da yapısı bozulur (Garg ve Aggarwal, 2011).

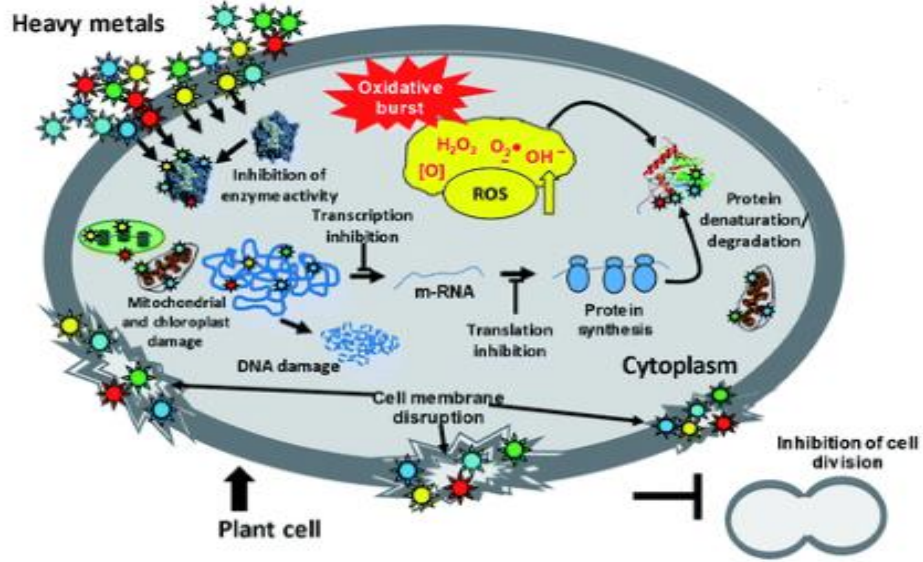
Son yüzyılda fosil yakıtların kullanılması sonucunda Cd, Pb ve Zn gibi ağır metallerin topraktaki konsantrasyonu hızla artmaktadır. Farklı bitki türleri, ağır metal stresini tolere etmek için farklı mekanizmalar geliştirmiştir. Bu mekanizmalar arasında; zarda madde alışverişinin inhibisyonu, immobilizasyon, plazma zarı tarafından ağır metallerin dışarı atımı, stres proteinlerinin indüksiyonu, salisilik asit, nitrik oksit ve poliamin sentezi yer almaktadır. Bazı bitkiler hücre duvarlarında büyük miktarda ağır metal biriktirebilir.

Metallotioninlerin ve ferritinlerin bitkileri topraktaki aşırı ağır metallerin neden olduğu oksidatif strese karşı koruduğu belirtilmiştir (Fabisiak ve ark., 1999). Toprakta bitkiler ve mikroorganizmalar için zararlı olan belirli kadmiyum tiolat kompleksleri bulunur. Bu şelatlı metaller bitkilerin hücre duvarlarında ve kofullarında birikir (Rea, 1999).

Ağır metaller toprakta yüksek konsantrasyonda bulunduğu köklerden emilir ve bitkinin farklı kısımlarına taşınarak bitki metabolizmasının bozulmasına, büyümenin yavaşlayarak üretimin azalmasına yol açar (John ve ark., 2009). Topraktaki ağır metal stresi birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler süreçleri etkiler. Bitki büyümesi ve tohum çimlenmesi engellenir, turgor kaybı, kloroz, nekroz, yaşlanma ve nihayetinde bitki ölümü gibi çeşitli kayıplara neden olur. Kadmiyum ve kurşun gibi ağır metaller, bitkilerin çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini etkileyerek biyolojik toksisiteye neden olur (Zhang, 2007) (Şekil 1.16). Buna benzer şekilde ağır metaller; lipidlerin peroksidasyonu, proteinlerin oksidasyonu, enzimlerin inaktivasyonu, DNA hasarı meydana getirerek reaktif oksijen türlerinin ve metilglioksilin gibi maddelerin aşırı birikimine yol açar. Bu durum oksidatif stres yaratarak SOD (Süperoksit dismutaz) seviyelerinin artmasına ve lipoksijenaz aktivitesine yol açar. Bu enzimler bitki hücreleri için son derece zararlı olup



bitkide yaşlanmaya ve fotosentez hızının azalmasına neden olur. Bitki büyümesi ve gelişimini sınırlayan diğer faktörler arasında stres, etilen sentezi ve demir sekresyonunun azalması yer alır. Bu koşulların iyileştirilmesinde rizosferde yer alan bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) önemli bir rol oynamaktadır (Baisak ve ark., 1994).



Şekil 1.16. Ağır Metallerin Hücreye Verdiği Zararlar (Rizvi ve ark., 2020)

Ağır metallerle kirlenmiş bölgelerden bunların elimine edilmesinde rizosferik mikroorganizmaların (bakteri/mantar vb.) kullanımları genel olarak güvenli ve uygun maliyetli olarak kabul edilmektedir. Ağır metal detoksifiye edici yeni özelliklere sahip rizosfer bakterileri tanımlamak için yapılan araştırmalar son zamanlarda ivme kazanmıştır (Ma ve ark., 2011). IAA, sideroforlar, ACC deaminaz, arginin dekarboksilaz üretme özelliklerine sahip bakterilerin bitki büyümesini ve ağır metal birikimini teşvik etme potansiyeline sahip olabileceği gösterilmiştir (Barzanti ve ark., 2007). PGPR'lerin bitki büyümesini teşvik edebileceğini ve bitkileri ağır metallerle kirlenmiş topraklarda ağır metal toksisitesine karşı koruyabileceği ortaya konulmuştur (Barakat, 2011). Yapılan son çalışmalar, ağır metalle kirlenmiş bölgelerden izole edilen suşların oldukça yüksek oranda bitki büyümesini teşvik edici aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir (Dell'Amico ve ark., 2008). Örneğin; *Streptomyces griseoluteus* suşunun dekarboksilaz aktivitesi, *E. splendens* ve *C. communis* suşlarının bakırla kirlenmiş toprakların fitoremediasyonunda, *Brassica napus* suşunun kadmiyum toleransı ve *Alyssum bertolonii* suşunun nikelle kirlenmiş toprakların fitoremediasyonunda etki gösterdiği belirtilmiştir (Barzanti ve ark., 2007).

Çeşitli ağır metallerin mevcudiyetinde gelişme gösteren PGPR'lerin kullanımı, çok yönlü biyo-inokulant, hastalık koruyucu ve etkili biyoremediasyon araçları olarak sürdürülebilir ve çevre dostu bir çözüm sunar. PGPR'ler bitkilerdeki metal toksisitesini ortadan kaldırarak bitki büyümesini ve gelişimini destekler. Bunu iki karakteristik yolla yapar; Birincisi, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz aktivitelerinden dolayı metalle kirlenmiş toprakta büyüyen bitkilerde stres etilenin seviyesini düşürür. Bu durum, bitkilerin büyümesinin erken evrelerinde kendilerini daha iyi yapılandırmalarına izin veren daha uzun köklerin gelişmesine neden olur. İkincisi ise ağır metalle kirlenmiş ortamlarda bitki kökleri tarafından demir alınmasına yardımcı olan sideroforları serbest bırakır (Glick ve ark., 1998). Böylece sideroforlar, diğer ağır metalleri de harekete geçirerek dirençli bakteriler tarafından metal birikimini artırır ayrıca tohum çimlenmesini uyarır, biyokütle üretimini teşvik eder ve bitkilerde metal toleransını sağlar. Fitoremediasyon, kirleticileri çevreden uzaklaştırmak için kullanılan genel bir yaklaşımdır. Ancak biyoremediasyon için bitkileri tek başına kullanmak birçok sınırlamayla karşı karşıyadır. Bu metal biriktiren bitkiler, metale dirençli büyümeyi teşvik eden bakteriler tarafından desteklenirse verimlilik daha fazla artmaktadır. Bu nedenle, son zamanlarda PGPR uygulaması, bitki hiperakümülatörleri ile birlikte kirlenmiş toprakları iyileştirmek için kullanılmaktadır. Ağır metal dirençli rizobakteriler ile bu fitoremediasyon stratejisi dünya çapında daha fazla ilgi görmektedir (Glick, 2003).

Genel olarak çinko; protein sentezinde, enzim aktivasyonunda, klorofil biyosentezinde, oksidasyon reaksiyonlarında ve karbonhidrat metabolizmasında temel role sahiptir. Çinko düşük seviyelerde bir bitki besin maddesi olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda oldukça fitotoksik olabilir. Bu toksisiteyi azaltmak için bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler kullanılabilir. Bitki gelişimini teşvik edici özellikleri olduğu bilinen *Rhizobium* sp. RL9'un çinko ile kirlenmiş toprakta yetiştirilen mercimekler üzerinde etkisi araştırılmış; 4890 mg/kg'da Zn ile kirlenmiş toprağa *Rhizobium* sp. RL9 aşılansmış mercimek tohumlarının, aşılansmamış tohumlara kıyasla mercimek kuru maddesinin %150, nodül sayısının %15, nodül kuru kütlelerinin %27, tohum veriminin %15 arttığı belirlenmiştir. Ayrıca çinko konsantrasyonunun aşılansmamış bitki organlarında aşılansmış muadilinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiş ve bu durumun *Rhizobium* sp. RL9'un çinko ile kirlenmiş topraklarda çinko toksisitesinin bakteri destekli azaltılması için kullanılabileceği bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2008).

Ayrıca ağır metallere karşı dirençli olduğu belirlenen PGPR özellikteki *Bradyrhizobium* sp. 750 suşunun sarı acı bakla (*Lupinus luteus*) bitkisine aşılandığında ağır metalleri köklerde biriktirdiği, bu birikimin hem köklerde hem de sürgünlerde diğer tüm metallerden 10-100 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca *Bradyrhizobium* sp. 750 ile aşılamanın hem biyokütle hem de azot içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Dary ve ark., 2010).

Bakır; askorbik asit oksidaz, polifenol oksidaz ve süperoksit dismutaz gibi çeşitli enzimler için bir kofaktör olarak görev yapan temel bir eser elementtir. Bu nedenle optimum bakır konsantrasyonu bitkilerin normal büyümesini ve gelişmesini sağlar. Bununla birlikte fazla Cu bitki büyümesini engeller ve önemli hücresel süreçleri bozar. Cu'nun toksisitesi, yapraklarda kloroz ve nekroz, kısa gövdeler, kökün esmerleşmesi ve anormal kök morfolojisi dahil olmak üzere bir dizi görünür semptomla ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda *Pseudomonas* sp. SV27 ve *E. cloacae* suşları ile ikili aşılamanın bakır stresi altında yetiştirilen *Vicia faba*'nın büyümesi üzerindeki etkileri incelenmiş, 1 mM'nin üzerindeki bakır konsantrasyonları bitki gelişimine zarar verdiği ancak birlikte aşılamanın Cu'nun zararlı etkisini azalttığı bildirilmiştir. 1 mM Cu ve 2 mM Cu ile muamele edilmiş bitkilerin birlikte aşılamanın Cu ile muamele edilmiş ve aşılammamış bitkilere kıyasla kuru ağırlıklarının arttığı tespit edilmiştir (Fatnassi ve ark., 2015).

Bir diğer ağır metal olan Kobalt (Co), yaprak dokularında vasküler sisteme göre daha az hareketliliğe sahip ancak bitki üzerinde daha fazla engelleyici etki gösteren diğer bir ağır metaldir. Kobaltın yararlı etkileri arasında yaprak yaşlanması, tohumlarda kuraklık direncinin artışı, tıbbi bitkilerde alkaloid birikiminin düzenlenmesi ve etilen biyosentezinin inhibisyonu bulunsa da yüksek konsantrasyonlarda oldukça zararlı etkilere sahiptir. (Palit ,1994). Rizosfer ve topraktaki yoğunluğuna-durumuna bağlı olarak bitkilerin büyümesini ve metabolizmasını farklı derecelerde etkilediği gösterilmiştir. Co metalinin belirli konsantrasyonlarda fotosentezde görev alan fotosistem II (PSII) üzerinde inhibisyon etki göstererek fotosentez hızının azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Bitkiler yüksek konsantrasyonda Co'a maruz kaldıklarında bu metali dış zar karbonhidratlarının bulunduğu bölgede ve hücre çeperlerinde biriktirir (Ayhan, 2005). Co'ın toprakta 0,09 mg kg<sup>-1</sup>'in üzerinde bulunması halinde bitkiler için zararlı olduğu kabul edilmektedir. Özellikle birçok kültür bitkisinde biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri engelleyerek toksik etki yapmaktadır (Adiloğlu, 2015).

Kobalt, kompleksler oluşturmak için diğer elementlerle etkileşime girer. Diğer metallerle etkileşimi kullanılan metallerin konsantrasyonuna bağlıdır. Örneğin, yüksek seviyelerde Co bitkilerde demir eksikliğini indükler ve Cd'nin köklerle alımını baskılar. Kobalt hücre döngüsünde bir preprofaz zehiri görevi görerek karyokinezi ve sitokinez sürecini geciktirir. Yüksek konsantrasyonlarda kobalt RNA sentezini engeller ve çok sayıda endonükleaz, ekzonükleazın aktivitesini değiştirerek DNA ve RNA miktarlarını azaltır (Palit, 1994).

Yapılan bir çalışmada; farklı Co (100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm ve 500 ppm) konsantrasyonlarının buğday bitkisi üzerindeki etkisi değişkenlik göstermiştir. 200 ppm'ye kadar Co konsantrasyonlarında bitki boyunu, yaprak sayısını, yaprak alanını ve kuru madde birikimini arttırdığı, daha yüksek Co konsantrasyonlarda ise zarara neden olduğu görülmüştür. Bitki gelişimini teşvik edici özelliği olduğu bilinen *S. marcescens* 16 suşunun kobalt ağır metal biyosorpsiyon kapasitesinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Rizvi ve ark., 2020).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

“Tarımda Biyolojik Gübre Olarak Kullanılacak PGPR (Bitki Gelişimini Teşvik Edici Rizobakteriler) Özellikli Bakterilerin Kırşehir İlindeki Topraklardan İzolasyonu ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı tezimde faydalandığım ulusal ve uluslararası literatürden çalışma konumuzla yakından ilgili olan araştırmalar tarih sırası göz önüne alınarak aşağıda özetlenmiştir.

Lifshitz ve ark. (1987) yaptıkları çalışmada; yüksek arktik'te yetişen çimen bitkisinin rizosferinden *Pseudomonas putida* 25-71, *Pseudomonas putida* 25-33, *Arthrobacter citreus* 44-9 suşlarını elde etmişler ve bunu kanola bitkisi (*B. campestris*) tohumuna aşılamaşlardır. Aşılama sonucu yetişen kanola bitki fidelerinin aşılamaş kontrol grubuna kıyasla kök ve sürgün uzunluğunun arttığı, ayrıca fideler tarafından toprakta işaretli halde bulunan fosfor alımının %32 oranında arttığını tespit etmişlerdir.

*Rhizoctonia solani*'nin neden olduğu yerfıstığı kök çürüklüğü hastalığına karşı Savithiry ve Gnanamanickam (1987)'nin yaptıkları çalışmada; misel büyümesi ve sklerotiyal çimlenmesine karşı in vitro toksisite gösteren *Pseudomonas fluorescens* suşunu yer fıstığı tohumlarına aşılamaşlardır. Tarla deneylerinde, *P. fluorescens* ile aşılamaş yer fıstığı tohumlarından aşılamaş kontrol grubuna kıyasla daha uzun bitkiler (%25,7) ve verim artışının (%59) gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

Salatalıkta *Pseudomonas syringae*'nin neden olduğu bakteriyel yaprak lekesi hastalığına karşı bitki büyümesini teşvik edici *Pseudomonas putida* 89B-27 ve *Serratia marcescens* 90-166 suşlarını Liu ve ark. (1995) kullanmışlar ve sonuç olarak salatalık tohumlarına her iki suş aşılamaşında aşılamaş tohumlara kıyasla hastalık lezyon sayısında ve boyutunda önemli düşüşler olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca aşılamaş tohumdan gelişen yapraklardaki patojen popülasyonlarının da (yaprakların cm<sup>2</sup>'si başına logCFU) PGPR uygulamaları ile önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir.

Ağır metalle kontamine olmuş topraktan izole ettikleri *P. aeruginosa* suşlarına karşı kobalt, krom, bakır, civa, ve çinko metallerinin toksik etkileri üzerinde çalışan Hassen ve ark. (1998) bu metallerin toksik etki yapan konsantrasyonlarını (MIC) belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada suşların çinko, krom, kobalt ve bakır metallerinin 1 mmolL<sup>-1</sup> konsantrasyonunda inhibe olduklarını, civanın ise 0,1 mmolL<sup>-1</sup> konsantrasyonunda aynı

suşlara toksik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar bakır ve kromun bakteriler tarafından en iyi tolere edilebilen ağır metaller olduğunu tespit etmişlerdir.

Bitki gelişimini teşvik edici özelliği olduğu bilinen *Bacillus licheniformis* CECT 5106 ve *B. pumilus* CECT 5105 suşlarının fıstık çamı (*Pinus pinea*) tohumlarına aşılamanın bu bitkilerin büyüme üzerindeki etkisini ve rizosfer mikrobiyal topluluklarında meydana gelen değişiklikleri inceleyen Probanza ve ark. (2002); her iki *Bacillus* spp. suşunun fıstık çamı fidelerinin büyümesini desteklediğini (muhtemelen gibberellin üretimi ile), ancak her iki suş ile kombine edildiğinde herhangi bir etki oluşturmadığını ve bu durumun birlikte aşılamanın olası bir rekabet etkisi anlamına geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca birlikte aşılamanın mikrobiyal rizosfer bileşiminde bir artışa neden olduğunu da bildirmişlerdir.

Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) tarafından tetiklenen indüklenmiş sistemik (ISR) direnç seviyesi artan salisilik asidin (SA) mavi küf hastalığına karşı rolünü Zhang ve ark. (2002) araştırmışlardır. SA, mavi küf patojeni (*Peronospora tabacina*)'nın germ tüplerinin gelişimini in vitro olarak engellemediğini ve test edilen üç PGPR suşundan (*B. pumilus* suşu SE34, *P. fluorescens* suş 89B-6, *S. marcescens* suşu 90-166) hiçbirinin Murashige ve Skoog (MS) besiyerinde saptanabilir SA seviyeleri üretmediğini tespit etmişlerdir. PGPR suşlarından sadece *S. marcescens* 90-166'nın salisilik asit ürettiğini bildirmişlerdir. *B. pumilus* SE34 ile aşılansız bitkiler, patojen *P. tabacina* ile muamele edildiğinde, SA seviyelerinin kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde arttığını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, patojen muamelesinden 1 gün sonra SA'da benzer bir artış *S. marcescens* 90-166 veya *P. fluorescens* 89B-61 ile aşılansız bitkilerde meydana gelmemiştir. Elde edilen bu veriler tütün bitkilerinde SA birikiminin, PGPR tarafından tütün mavisi küfüne karşı ISR'de rol oynayabileceğini bildirmişlerdir.

Kore'deki çeşitli bitkilerin rizosferlerinden 13 bakteri izole eden Chung ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada; izolatların 16S rDNA analizine göre *Pantoea*, *Enterobacter*, *Klebsiella* cinslerine ait olduklarını, bu izolatların fosfor çözme miktarlarının  $Ca_3(PO_4)_2$  eklenmiş sıvı besi ortamında 96,2-142 µg/mL arasında değiştiğini ve izolatların hiçbirinin jelatin, nişasta, lipid hidrolizi ve H<sub>2</sub>S üretimi yapmadıklarını ancak karbon kaynağı kullanım testlerinde ise tüm izolatların sükröz, fruktoz, glikoz, maltoz, mannitol, inositol ve laktoz şekerlerini kullanabildiklerini tespit etmişlerdir.

1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz içeren bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri (*Pseudomonas* sp. ACP) kullanarak kuraklık stresinin bezelye (*Pisum sativum*)

bitkisinin verimi ve olgunlaşması üzerindeki etkilerini araştıran Arshad ve ark. (2007), toplam 2000 tane aşılınmış ve aşılınmamış (kontrol) bezelye tohumunu her saksıya 4 tane düşecek şekilde ekerek bitkilerin farklı büyüme dönemlerinde (vejetatif, çiçeklenme ve bakla oluşumu) kuraklık stresine maruz bırakmışlardır. Sonuçta, bezelyelerin ACC-deaminaz içeren PGPR ile aşılınmasının, bezelye büyümesi ve verimi üzerindeki kuraklık stresinin getirdiği etkileri önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuşlardır.

Hindistan'ın Aligarh kentinde çinko bulaşmış topraklarda yetiştirilen mercimek kök rizosferinden *Rhizobium* RL9 suşunu izole eden Ahmad ve ark. (2008), bu suşun bitki büyümesini teşvik edici özelliklerini in vitro şartlarda test etmişlerdir. Bitki büyümesini teşvik edici özellikleri (indol asetik asit, siderofor, hidrojen siyanür ve amonyak üretimi) bakımından pozitif olduklarını tespit etmişlerdir. *R. leguminosarum* RL 9 suşunun invitro olarak maya özü mannitol agar besiyerinde  $400 \mu\text{g mL}^{-1}$  konsantrasyonuna kadar çinkoyu tolere ettiklerini ortaya koymuşlardır. Ayrıca çinko ile kirlenmiş toprakta yetiştirilen mercimekler üzerinde *Rhizobium* RL9 'un etkisini test etmişler, 4890 mg/kg'da Zn ile kirlenmiş toprağa *Rhizobium* RL9 eklendiğinde, mercimek kuru maddesinin %150, nodül sayısının %15, nodül kuru kütlelerinin %27, leghemoglobin oranının %30, tohum veriminin %15 arttığını tespit etmişlerdir.

Ashrafuzzaman ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada; Bangladeş'in Mymensingh bölgesindeki pirinç (*Oryza sativa*) tarlalarından rizosferik toprak örneği alıp bakteri izolasyonu yapmışlar ve elde edilen izolatları Luria Bertani besiyerine ektikten sonra 10 tane saf izolat elde etmişlerdir. Bu izolatların 6 tanesinin (PGB4, PGT1, PGT2, PGT3, PGG1, PGG2) IAA ürettiği, bir izolatın (PGT3) ise ayrıca fosfat çözebilmeye potansiyeline sahip olduğunu tespit etmişlerdir. İzolatların morfolojik özelliklerine, Gram boyama testlerine ve hareket yeteneklerine bakıldığında yuvarlak, elips, çubuk şekilli, Gram negatif ve hareketli olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca elde ettikleri 10 tane izolatı pirinç tohumlarına aşılama yapmışlar, aşılama sonucunda gelişen pirinçlerin kök, gövde uzunluklarının kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Hindistan'ın organik tarım yapılan Uttarakhnad eyaletinde 336'sının floresan *Pseudomonas* spp. olduğu toplam 600 tane soğuğa dayanıklı rizosferik bakteri izole edilmiş, izolatların çoğunun, 8°C'de 12 saatlik inkübasyondan sonra gelişebildiklerini sonuçta soğuğa toleranslarının olduğunu doğrulamışlardır. Yapılan antimikrobiyal aktivite çalışmalarında 336 izolattan 74 tanesinin *R. solani* ve 91 tanesinin kök çürüklüğü hastalığına neden olan

*F. solani* patojenine karşı antifungal aktivite gösterdiklerini belirlemişlerdir. Ayrıca 33 izolatin iyi derecede HCN ürettiği, 80 izolatin siderofor ürettiği ve 49 izolatin ise P'i çözebildiğini tespit etmişlerdir (Negi ve ark., 2011).

Hindistan'daki çeltik tarlalarında yaptıkları çalışmada, tuzlu topraklarda yetişen pirinç bitkilerinin rizosferinden ACC deaminaz üreten PGPR suşlarını (*A. faecalis* DZ2, *B. pumilus* S68, *Ochrobactrum* sp. THN-29) izole eden Bal ve ark. (2013), bu izolatların tuzluluk stresi altında pirinç tohumunun çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Ayrıca tuz stresi altında seçilen *A. faecalis* DZ2, *B. pumilus* S68, *Ochrobactrum* sp. THN-29 ile aşılamaı takiben pirinç fidelerinde tohum çimlenmesi, kök büyümesi ve stres etilen üretimini araştırmışlardır. Sonuçta seçilen bu izolatlar ile aşılamanın, aşılamanmış kontrol grubuna kıyasla çimlenme yüzdesi, sürgün, kök büyümesi ve klorofil içeriği dahil olmak üzere pirincin farklı büyüme parametreleri üzerinde önemli olumlu etkileri olduğunu tespit etmişlerdir.

Bitki büyümesinin teşvik eden çeşitli bakteriyel suş (*Bacillus megaterium*, *Arthrobacter chlorofenolicus* ve *Enterobacter* spp.) kombinasyonlarının buğday bitkisinin büyümesi ve verimi üzerine üzerindeki etkisini araştıran Kumar ve ark. (2014) saksı ve tarla denemelerinde *B. megaterium*, *A. chlorofenolicus* ve *Enterobacter* spp. suşlarının üçlü kombinasyonunun saksı koşullarında bitki boyunu, tane verimini, saman verimini sırasıyla %17.5, %79.8, %78.6 oranında ayrıca tarla koşullarında ise sırasıyla %29.4, %27.5, %29.5 oranında artırdığını göstermişlerdir.

Kore'deki çeltik tarlalarında bulunan pirinç bitkisi kökünden ve yapraklarından 576 endofit bakteri izole eden Ji ve ark. (2014) bunlardan 12 tanesinin nif geni seti kullanılarak diazotrofik bakteri olduklarını tespit etmişlerdir. 16 srRNA dizi analizine göre 2 türün *Paenibacillus*; 3 türün *Microbacterium*; 3 türün *Bacillus*; 4 türün *Klebsiella* cinsine ait olduğunu tespit etmişlerdir. Bitki gelişimini teşvik edici özellikleri bulunan bu suşları pirinç tohumlarına aşılamaşlar ve bu suşlarla aşılaman pirinç tohumlarının kontrol grubuna kıyasla kuru ağırlık, boy, gövde uzunluğu gibi parametrelerde daha fazla artış gösterdiklerini tespit etmişlerdir.

Majeed ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada; Pakistan'ın Kaşmir bölgesinde buğday (*T. aestivum*) bitkisinin rizosfer bölgesinden aldıkları toprak örneğinden bakteri izolasyonu yapmışlardır. Elde ettikleri 9 saf izolatin 7 tanesinin IAA (indole-3-asetik asit) üretme yeteneği olduğunu, 4 izolatin azot fikse etme, 4 izolatin ise inorganik fosfatı çözebilme



yeteneklerinin olduğunu; ayrıca 9 izolatın 7 tanesinin Gram negatif, hareketli, beyaz koloni oluşturdıklarını tespit etmişlerdir. İzolatların moleküler tanısı IGS-RFLP finger printing ve 16s rRNA dizi analizi kullanılarak yapılmış; bunlardan AJK-3 izolatının *S. rhizophila* türüne (%99 gen dizi benzerliği), AJK-7 izolatının ise *Acetobacter pasteurianus* türüne (%98 gen dizi benzerliği), AJK-9 izolatının ise *Stenotrophomonas* cinsine ait türlere (%95 gen dizi benzerliği) eşit homoloji gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu izolatları buğday tohumlarına aşıladıklarında kontrol grubuna kıyasla sürgün gelişiminin %22 ile %76 oranında, kök gelişiminin ise %10 ile %32 oranında arttığını tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada; *Agrostis capillaris* bitkisinin rizosferik bölgesinden alınan bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin kirlenmiş toprakların fitoremediasyonu üzerindeki etkileri araştırılmış, bakteriyel aşılama varlığında ağır metalle kirlenmiş topraktaki bitkilerin büyümesinin aşılammamış bitkilere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Grobelaç ve ark., 2015).

Bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPR), ağır metalle kontamine ortamlardaki bitkilerde bunların toksisitesini azaltmaya yardımcı olabilir. Fatnassi ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada; *Rhizobium leguminosarum* SV15, *Pseudomonas* sp. SV23 ve *Enterobacter cloacae* SV27 suşları ile üçlü aşılamanın bakır stresi altında yetiştirilen *Vicia faba*'nın büyümesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 1 mM'nin üzerindeki bakır konsantrasyonlarının bitki gelişimine zarar verdiğini, ancak birlikte aşılamanın bu etkiyi azalttığını bildirmişlerdir. Ayrıca 1 mM ve 2 mM Cu ile muamele edilmiş bitkilerin birlikte aşılannması, Cu ile muamele edilmiş ve aşılammamış bitkilere kıyasla kuru ağırlıklarının arttığını belirlemişlerdir.

Tespit bezelye olarak bilinen *Abrus precatorius* bitkisinin rizosferinden izole ettikleri *E. asburiae* A3CK, *E. cloacae* A7CK ve *E. cloacae* A27CK suşlarının bitki gelişimini teşvik edici özelliklerini araştıran Ghosh ve ark. (2015), bu suşların hepsinin IAA ürettiğini tespit etmişlerdir. Bunların IAA üretim miktarları sırasıyla; 155.0 µg/ml, 142.6 µg/ml, ve 77.0 µg/ml olduğu, dolayısıyla en fazla IAA üretim miktarlarının 155.0 µg/ml ile *E. asburiae* A3CK suşuna ait olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu suşların biyokimyasal testleri yapıldığında ise her üç suşun jelatinaz, sitrat ve katalaz testlerinin pozitif; indol, üreaz, lizin dekorboksilaz ve 3 ketolaktöz testlerinin ise negatif olduğu belirtilmiştir.

Çeşitli bitkilerin rizosferinden izole ettikleri altı fosfat çözücü bakterinin buğday verimine etkisini, sera ve tarla şartlarında araştıran Mukhtar ve ark. (2017), bakterileri morfolojik,

biyokimyasal, moleküler testlerini yaparak izolatların *Bacillus endophyticus*, *B. sphaericus*, *Enterobacter aerogenes*, *B. safensis*, *B. megaterium* ve *Virgibacillus* sp. türlerine ait olduklarını tespit etmişlerdir. Bu suşların in vitro fosfat çözme yeteneklerini kaya fosfatı içeren Pikovskaya besi ortamında test etmişler ve en yüksek fosfor çözme yeteneğinin karbon kaynağı olarak glukozun kullanıldığı besi ortamında 305,6 ppm ile *B. megaterium*'a ait olduğunu belirlemişlerdir.

Li ve ark. (2017) mısır bitkisi rizosferinden izole ettikleri 6 adet bakterinin (*P. illinoisensis* B1, *P. thivervalensis* B10, *P. fluorescens* B14, *P. koreensis* SX1, *P. syringae* SX2, *S. mellinum* SX14) bitki gelişimini teşvik edici özelliklerini araştırmışlardır. Bu suşlardan *P. koreensis* SX1 hariç hepsinin IAA ürettiğini, *Sphingobium mellinum* SX14 ve *P. illinoisensis* B1 suşunun en yüksek IAA sentezinin sırasıyla 22.7 mgL<sup>-1</sup> ve 20.3 mgL<sup>-1</sup> olduğunu belirlemişlerdir. *P. syringae* SX2 ve *P. illinoisensis* B1 ile aşılanan mısır bitkisinin kontrol grubuna kıyasla kök ve gövde gelişiminin %39.2 arttığını bildirmişlerdir.

Arjantin'in Salta eyaletindeki fasulye tarımı yapılan bölgeden alınan rizosferik toprak örneğinden 105 tane *Bacillus* cinsine ait bakteri izole edilmiş ve bu izolatlardan; *Bacillus* sp. B1, *Bacillus* sp. B14, *Bacillus* sp. B18, *Bacillus* sp. B19, *Bacillus* sp. B 25, *Bacillus* sp. B30, *Bacillus* sp. B31 suşlarının IAA ve siderofor ürettiklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca bu suşların; *S. rolfii*, *S. sclerotium*, *R. solani*, *F. solani* ve *M. phaseolina* funguslarına karşı antifungal aktivitesi araştırılmış, bunlardan *Bacillus* spp. B14 suşunun *F. solani*'ye karşı en yüksek (%71 engelleme oranı) antifungal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Sabaté ve ark., 2017).

Alaylar ve ark. (2018), Erzurum bölgesindeki tarım alanlarından rizosferik toprak örnekleri alıp bunları seri dilüsyon yönteminden sonra Luria-Bertani (LB) agar besiyerine inoküle etmiş ve fosfat çözebilen izolatların tespiti için Pikovskaya's (PKV) agar besiyerini kullanmışlardır. Moleküler tekniklerle fosfat çözebilmeye yeteneğiyle ilişkili gen gölgelerini (pqqB1) özel primerler kullanarak PCR yardımıyla çoğaltmışlardır. Sonuçta 4 izolatın fosfat çözebilmeye yakından ilişkili gen bölgelerinin olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca 16S rRNA dizi analizi kullanarak bu 4 izolatın; *Rhizobium*, *Enterococcus*, *Bacillus* ve *Acinetobacter* cinslerine ait türler olduğunu tespit etmişlerdir.

Kumari ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada; Hindistan'ın 4 farklı bölgesindeki tarım arazilerindeki Maş fasulyesi (*Vigna radiata*) bitkisinin rizosferinden toprak örneği alarak bakteri izolasyonu yapmışlardır.

Elde edilen izolatlardan (*P. aeruginosa* B13–398, *P. aeruginosa* PF3-SER396, *B. subtilis* strain BHU M, *A. pittii* B13–397) fosfat çözücülüğünün en yüksek ( $974,71 \mu\text{g ml}^{-1}$ ) *B. subtilis* BHU M suşuna, ait olduğunu, en yüksek IAA üretiminin ( $111,94 \mu\text{g ml}^{-1}$ ) *P. aeruginosa* B13–398 suşuna ait olduğunu izolatların tümünün siderofor ve amonyum üretebildiğini bildirmişlerdir. 16S rRNA dizi analizi kullanarak bunların *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter* cinslerine ait türler olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu izolatlar Muller Hinton agar besiyerine ekilmiş sonra antibiotik diskler (Chloramphenicol, Ampicilin, Nalidixic acid, Tetracycline) eklenerek  $30^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra plaklardaki inhibisyon zon çapları ölçülmüştür. Sonuç olarak Ampicilin'e en duyarlı izolatın 4,2 mm inhibisyon zon çapıyla *B. subtilis*'e ait olduğunu bildirmişlerdir.

Başka bir çalışmada; Romanya'daki Ciuc dağlarında fasulye bitkisi rizosferinden 3 tane bakteri (*Serratia proteomaculans* T1, *Serratia* sp. T5, *Mitsuaria chitosanitabida* T3) izole edilerek izolatların tamamının indol-3-asetik asit ve siderofor üretimi, azot fiksasyonu ve fosfat çözme dahil bitki büyümesini teşvik edici özellikler açısından pozitif olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu suşların Zn, Cd ağır metal dirençlilikleri araştırılmıştır. Çalışmada;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ve  $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  tuzlarının 0.5mM ile 25mM konsantrasyonları kullanılmış, bu ağır metallerin 0.5mM konsantrasyonlarına *M. chitosanitabida* ve *S. proteomaculans* izolatlarının dirençli; *Serratia* spp. izolatının duyarlı, bununla birlikte 10mM konsantrasyonlarda her 3 izolatın da duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir (Vincze ve ark., 2018).

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. Teşhis sonucu izolatın *Enterobacter aerogenes* olduğu tespit edilmiş ve IAA üretimi, azot fiksasyonu, fosfat çözücülüğü, ACC deaminaz aktivitesi gibi bitki gelişimini teşvik edici özellikleri pozitif bulunmuştur. Ayrıca bu suşun sırasıyla  $4000 \mu\text{g/mL}$ ,  $3800 \mu\text{g/mL}$  ve  $1500 \mu\text{g/mL}$ 'ye kadar Cd, Pb ve As ağır metallerine yüksek derecede direnç gösterdiği belirlenmiştir.

Kayseri’de yonca ekimi yapılan tarlalardan bu bitkinin rizosferinden elde ettikleri bakterileri MALDI-TOF MS yöntemi kullanarak tanımlamasını yapan Ünlü ve ark. (2018) *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Lysinibacillus*, *Acinetobacter* ve *Enterobacter* cinslerine ait toplam 51 bakteri türünü teşhis etmişlerdir.

Elde edilen izolatların bitki gelişimini teşvik edici özellikleri (azot fiksasyonu, siderofor ve IAA üretimi) bakımından pozitif olduklarını belirtmişlerdir (Ünlü ve ark., 2018).

Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen nohut bitkisinde bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin rolünü ve bunların kuraklık toleransı ile ilişkisini araştıran Khan ve ark. (2019) PGPR özellikleri olan *B. subtilis* P1, *B. thuringiensis* P2, *B. megaterium* P3 suşları ile muamele edilen nohut bitkilerinin, aşılınmamış kontrol grubuna kıyasla klorofil, protein ve şeker içeriğinin önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Bitkideki prolin içeriği, lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzimlerin (CAT, APOX, POD ve SOD) aktivitelerinin tümünün kuraklık stresine yanıt olarak arttığını ve kuraklık stresine maruz kalan nohutun yapraklarında prolin, L-arginin, L-histidin, L-izolösin ve triptofan biriktiğini belirlemişlerdir. Ayrıca bu suşlarla aşılınmış nohut yapraklarında riboflavin, L-asparagin, aspartat, gliserol, nikotinamid ve 3-hidroksi-3-metilglutarat ve 4-hidroksi-metilglisin birikiminin arttığını da tespit etmişlerdir.

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 fermantasyonu (+), sükroz fermantasyonu (-) 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.

Başka bir çalışmada; ayçiçek bitkisinin rizosferik toprak örneklerinden toplam 120 bakteri izole edilmiş, bunların ACC deaminaz (ACCd) aktiviteleri ve bitki büyümesini teşvik edici özellikleri araştırılmıştır. 44 izolattan *B. subtilis* SF 48 suşunun 322.55 nmol  $\alpha$ -ketobutirat  $\text{mg}^{-1}$  ile 2085.06 nmol  $\alpha$ -ketobutirat  $\text{mg}^{-1}$  arasında değişen önemli bir ACCd aktivitesini gözlemlemişlerdir. ACCd pozitif 10 izolatın hepsinin en az dört farklı PGP özelliği sergilediği ve üçünün (*B. thuringiensis* SF23, *B. subtilis* SF41, *B. subtilis* SF48) *F. oxysporum*'a karşı antifungal aktivite gösterdiği, en etkili antifungal aktivitenin ise % 47.85

ile *B. subtilis* SF 48 suşuna ait olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca ACCd üreten bu suşların ayçiçek tohumuna uygulandığında kontrol grubuna kıyasla hem tohum hem de vejetatif büyüme parametrelerini kök-gövde gelişimini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir (Singh ve ark., 2019).

Güney Çin'deki arsenik (As) ile kirlenmiş çeltik tarlalarında PGPR'lerin etkisini araştıran Xiao ve ark. (2020) arsenik'e dirençli 3 tane PGPR (*P. mosselii* S6, *B. thuringiensis* S7 ve *Bacillus* sp. JBS-28) izole etmişlerdir. Sonuçta, tüm suşların pirinç büyümesini desteklediği, tahıl veriminin sera koşullarında; %10.50 ile %51.3 ve çeltik tarlalarında; %4.83 ile %9.16 oranında arttığını ayrıca PGPR kullanımının pirinç bitkisinde arsenik hasarını azalttığını tespit etmişlerdir.

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.

Yapılan bir diğer çalışmada; ağır metale toleranslı *B. gibsonii* ve *B. xiamenensis* suşlarının sesbanya bitkisi (*Sesbania sesba*) üzerindeki büyüme özellikleri, antioksidan enzim aktiviteleri, klorofil ve prolin içeriği, ağır metal dirençlilikleri araştırılmış, her iki PGPR suşunun farklı ağır metal konsantrasyonlarına (50-1000 mg/L) karşı belirgin tolerans gösterdikleri ayrıca ACC-deaminaz, indol asetik asit, ekzopolisakkarit ürettiklerini belirlemişlerdir. Bununla birlikte, her iki PGPR suşunun da kök uzunluğunu %105, sürgün uzunluğunu %133, taze ağırlığını %129, prolin içeriğini %190, SOD enzimini %245 artırdığını göstermişlerdir. Bakteri suşlarının aşılansıyla prolin ve antioksidan enzimlerin endüstriyel olarak kirlenmiş toprakta büyüyen bitkiler üzerinde ikili etki oluşturmak suretiyle metal stresi ile başa çıktıkları sonucuna varılmıştır. Ayrıca bakteri aşılı bitkilerde ağır metal birikiminin aşılansmamış kontrol grubuna kıyasla daha yüksek

olduğunu bundan dolayı bu suşların *S. sesba* bitkisi üzerindeki metallere toksisitesini değiştirebileceğini tespit etmişlerdir (Zainab ve ark., 2021).

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 dağılımını değiştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, 7 günlük kuraklık stresinden sonra, bu 2 PGPR suşunun fotosentetik kapasiteyi, bağıl su içeriğini, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POD) aktivitelerini, prolin içeriğini artırdığını, malondialdehit (MDA) içeriğinin ise azaldığını göstermişlerdir. Sonuç olarak; iki PGPR suşunun, bitki hormon dağılımını düzenleyerek çavdar büyümesini ve kök gelişimini desteklediğini, antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak ve ABA sinyalini düzenleyerek çavdar otunun kuraklık toleransını artırdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmayla çöl bitkilerinin rizosferinden gelen PGPR suşlarının, çim bitkileri için umut verici biyoinkulantlar olarak kabul edilebileceğini göstermişlerdir.

Tirry ve ark. (2021) PGPR ile krom fitoremediasyon 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. Krom ağır metale karşı yapılan test sonucunda izolatların değişken seviyelerde Cr direnci gösterdiklerini (300–600 µmg/L), seçilen en iyi dört krom (Cr)-dirençli izolatın *Pseudomonas* sp. NT15, *Pseudomonas* sp. NT19, *Pseudomonas* sp. NT20 ve *Pseudomonas* sp. NT27 suşları olduğunu ve bu suşların 100-200 µmg/L Cr konsantrasyonlarında bile PGP özelliklerinin çoğunu koruduğunu tespit etmişlerdir. 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 artırdığını belirlemişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Çalışmada Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada kullandığımız tüm kimyasal maddeler saf ve kaliteli olup, besiyerleri OXOID ve DIFCO firmalarından, diğer kimyasal maddeler ise SIGMA ve MERCK firmalarından temin edilmiştir.

##### 3.1.2. Bitki Rizosfer ve Bakir Toprak Örnekleri

Bu çalışmada kullanılacak rizosfer ve bakir toprak numuneleri 3 Haziran 2019 ve 12 Kasım 2019 tarihleri arasında Kırşehir ve ilçelerindeki (Akçakent, Akpınar, Boztepe, Çiçekdağı, Kaman, Mucur,) arpa (*Hordeum vulgare*), aspir (*Carthamus tinctorius*), ayçiçek (*Helianthus annuus*), buğday (*Triticum aestivum*), fiğ (*Vicia spp.*), nohut (*Cicer arietinum*), yonca (*Trifolium spp.*), yulaf (*Avena sativa*), bakla (*Vicia faba*), mor lahana (*Brassica oleracea*), domates (*Solanum lycopersicum*), bamya (*Abelmoschus esculentus*), biber (*Capsicum annuum*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*), patlıcan (*Solanum melongena*), pancar (*Beta vulgaris*), altın çilek (*Physalis peruviana*), mercimek (*Lens culinaris*), pırasa (*Allium ampeloprasum*) bitkilerinin rizosfer toprağından 0-20 cm derinlikten aseptik koşullara dikkat edilerek 64 adet numune alınmış ve bunlardan 142 adet izolat elde edilmiştir (Tablo 3.1).

**Tablo 3.1.** Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler

Örnek No	İzolot numarası	Toprak numunesinin alındığı yer	Alındığı Bitki Rizosferi	Rakım	Tarih
1	MH 1-1, MH 1-2, MH 1-3, MH 1-4	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Bakir toprak	1060	01.10.2019
2	MH 2-1	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 2	Bakir toprak	1060	01.10.2019
3	MH 3-1	Mucur –İnaç köyü	Bakir toprak	1150	01.10.2019
4	MH 4-1, MH 4-2	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1060	09.10.2019
5	MH 5-1, MH 5-2, MH 5-3, MH 5-4, MH 5-5	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1060	09.10.2019
6	MH 6-1, MH 6-2, MH 6-3, MH 6-4, MH 6-5, MH 6-6, MH 6-7	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1060	09.10.2019
7	MH 7-1, MH 7-2	Ahi Evran Üniversitesi Kampüsü	Yonca ( <i>M. sativa</i> )	1064	15.10.2019
8	MH 8-1, MH 8-2, MH 8-3, MH 8-4, MH 8-5, MH 8-6	Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi	Kokulu yonca ( <i>M. officinalis</i> )	1064	15.10.2019
9	MH 9-1, MH 9-2, MH 9-3, MH 9-4, MH 9-5, MH 9-6, MH 9-7	Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi	Fiğ ( <i>V. sativa</i> )	1064	15.10.2019
10	MH 10-1, MH 10-2, MH 10-3, MH 10-4	Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi	Yonca ( <i>Trifolium</i> spp).	1064	15.10.2019
11	MH 11-1, MH 11-2, MH 11-3, MH 11-4, MH 11-5	Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi	Fiğ ( <i>Vicia</i> spp).	1064	15.10.2019
12	MH 12-1, MH 12-2, MH 12-3, MH 12-4, MH 12-5, MH 12-6	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Bakla ( <i>Vicia faba</i> )	1052	23.10.2019
13	MH 13-1, MH 13-2, MH 13-3, MH 13-4, MH 13-5, MH 13-6	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Domates ( <i>S. lycopersicum</i> )	1052	23.10.2019



**Tablo 3.1.** Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler (Devamı)

Örnek No	İzolot numarası	Toprak numunesinin alındığı yer	Alındığı Bitki Rizosferi	Rakım	Tarih
14	MH 14-1, MH 14-2, MH 14-3, MH 14-4, MH 14-5	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Bamya ( <i>A. esculentus</i> )	1052	23.10.2019
15	MH 15-1, MH 15-2, MH 15-3, MH 15-4, MH 15-5, MH 15-6	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	23.10.2019
16	MH 16-1, MH 16-2, MH 16-3, MH 16-4	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Biber ( <i>C. annuum</i> )	1052	23.10.2019
17	MH 17-1, MH 17-2, MH 17-3, MH 17-4	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Pancar ( <i>B. vulgaris</i> )	1052	23.10.2019
18	MH 18-1, MH 18-2, MH 18-3, MH 18-4	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Altın çilek ( <i>P. peruviana</i> )	1052	23.10.2019
19	MH 19-1, MH 19-2, MH 19-3, MH 19-4, MH 19-5	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1052	23.10.2019
20	MH 20-1, MH 20-2, MH 20-3, MH 20-4, MH 20-5	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	23.10.2019
21	MH 21-1, MH 21-2, MH 21-3, MH 21-4, MH 21-5, MH 21-6, MH 21-7, MH 21-8	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	12.11.2019
22	MH 22-1, MH 22-2, MH 22-3, MH 22-4	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Mor Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	12.11.2019
23	MH 23-1, MH 23-2, MH 23-3, MH 23-4, MH 23-5, MH 23-6, MH 23-7, MH 23-8	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Pırasa ( <i>A. ampeloprasum</i> )	1052	12.11.2019
24	MH 24-1, MH 24-2, MH 24-3, MH 24-4, MH 24-5, MH 24-6, MH 24-7, MH 24-8, MH 24-9, MH 24-10, MH 24-11, MH 24-12, MH 24-13, MH 24-14, MH 24-15, MH 24-16, MH 24-17, MH 24-18	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1053	12.11.2019

**Tablo 3.1.** Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler (Devamı)

Örnek No	İzolat numarası	Toprak numunesinin alındığı yer	Alındığı Bitki Rizosferi	Rakım	Tarih
25	MH 25-1, MH 25-2, MH 25-3, MH 25-4, MH 25-5, MH 25-6, MH 25-7, MH 25-8, MH 25-9, MH 25-10, MH 25-11, MH 25-12, MH 25-13, MH 25-14, MH 25-15, MH 25-16	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019
26	MH 26-1, MH 26-2, MH 26-3, MH 26-4, MH 26-5, MH 26-6, MH 26-7, MH 26-8, MH 26-9, MH 26-10, MH 26-11, MH 26-12, MH 26-13, MH 26-14, MH 26-15	Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
27	MH 27-1, MH 27-2, MH 27-3, MH 27-4, MH 27-5, MH 27-6, MH 27-7, MH 27-8, MH 27-9, MH 27-10	Akpınar /Merkez	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1126	03.06.2019
28	MH 28-1, MH 28-2, MH 28-3, MH 28-4, MH 28-5, MH 28-6, MH 28-7, MH 28-8	Akpınar /Merkez	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1126	03.06.2019
29	MH 29-1, MH 29-2, MH 29-3, MH 29-4, MH 29-5, MH 29-6, MH 29-7, MH 29-8, MH 29-9, MH 29-10	Akpınar /Merkez	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1126	03.06.2019
30	MH 30-1, MH 30-2, MH 30-3, MH 30-4, MH 30-5, MH 30-6, MH 30-7, MH 30-8, MH 30-9	Akpınar /Merkez	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1126	03.06.2019
31	MH 31-1, MH 31-2, MH 31-3, MH 31-4, MH 31-5, MH 31-6, MH 31-7, MH 31-8, MH 31-9, MH 31-10	Akpınar /Merkez	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1126	03.06.2019
32	MH 32-1, MH 32-2, MH 32-3, MH 32-4, MH 32-5, MH 32-6, MH 32-7, MH 32-8, MH 32-9, MH 32-10	Akpınar /Merkez	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1126	03.06.2019
33	MH 33-1, MH 33-2, MH 33-3, MH 33-4, MH 33-5, MH 33-6, MH 33-7, MH 33-8, MH 33-9, MH 33-10	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	05.06.2019
34	MH 34-1, MH 34-2, MH 34-3, MH 34-4, MH 34-5, MH 34-6, MH 34-7, MH 34-8	Kaman (İsahocalı köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1280	05.06.2019

**Tablo 3.1.** Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler (Devamı)

Örnek No	İzolot numarası	Toprak numunesinin alındığı yer	Alındığı Bitki Rizosferi	Rakım	Tarih
35	MH 35-1, MH 35-2, MH 35-3, MH 35-4, MH 35-5, MH 35-6, MH 35-7, MH 3 5-8, MH 35-9	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	05.06.2019
36	MH 36-1, MH 36-2, MH 36-3, MH 36-4, MH 36-5, MH 36-6, MH 36-7, MH 36-8, MH 36-9	Kaman (İsahocalı köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1280	05.06.2019
37	MH 37-1, MH 37-2, MH 37-3, MH 37-4, MH 37-5, MH 37-6, MH 37-7, MH 37-8	Kaman (İsahocalı köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1280	05.06.2019
38	MH 38-1, MH 38-2, MH 38-3, MH 38-4, MH 38-5, MH 38-6, MH 38-7, MH 38-8	Kaman (İsahocalı köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1280	05.06.2019
39	MH 39-1, MH 39-2, MH 39-3, MH 39-4, MH 39-5, MH 39-6, MH 39-7, MH 39-8, MH 39-9, MH 39-10	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1080	11.06.2019
40	MH 40-1, MH 40-2, MH 40-3, MH 40-4, MH 40-5, MH 40-6, MH 40-7	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1080	11.06.2019
41	MH 41-1, MH 41-2, MH 41-3, MH 41-4, MH 41-5, MH 41-6	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1080	11.06.2019
42	MH 42-1, MH 42-2, MH 42-3, MH 42-4, MH 42-5, MH 42-6, MH 42-7	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1080	11.06.2019
43	MH 43-1, MH 43-2, MH 43-3, MH 43-4, MH 43-5, MH 43-6, MH 43-7, MH 43-8	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Yonca ( <i>M. officinalis</i> )	1080	11.06.2019
44	MH 44-1, MH 44-2, MH 44-3, MH 44-4, MH 44-5, MH 44-6, MH 44-7, MH 44-8, MH 44-9	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1080	11.06.2019
45	MH 45-1, MH 45-2, MH 45-3, MH 45-4, MH 45-5, MH 45-6, MH 45-7, MH 45-8	Kaman (İsahocalı köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1280	13.06.2019

**Tablo 3.1.** Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler (Devamı)

Örnek No	İzolat numarası	Toprak numunesinin alındığı yer	Alındığı Bitki Rizosferi	Rakım	Tarih
46	MH 46-1, MH 46-2, MH 46-3, MH 46-4, MH 46-5, MH 46-6, MH 46-7, MH 46-8, MH 46-9	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	13.06.2019
47	MH 47-1, MH 47-2, MH 47-3, MH 47-4, MH 47-5, MH 47-6, MH 47-7, MH 47-8, MH 47-9, MH 47-10	Kaman (İsahocalı köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1280	13.06.2019
48	MH 48-1, MH 48-2, MH 48-3, MH 48-4, MH 48-5, MH 48-6, MH 48-7	Kaman (İsahocalı köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1280	13.06.2019
49	MH 49-1, MH 49-2, MH 49-3, MH 49-4, MH 49-5, MH 49-6, MH 49-7, MH 49-8	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	13.06.2019
50	MH 50-1, MH 50-2, MH 50-3, MH 50-4, MH 50-5, MH 50-6, MH 50-7, MH 50-8	Akçakent (Mahsenli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1268	15.06.2019
51	MH 51-1, MH 51-2, MH 51-3, MH 51-4, MH 51-5, MH 51-6, MH 51-7, MH 51-8, MH 51-9	Akçakent (Mahsenli köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1268	15.06.2019
52	MH 52-1, MH 52-2, MH 52-3, MH 52-4, MH 52-5, MH 52-6, MH 52-7, MH 52-8, MH 52-9	Akçakent (Mahsenli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1268	15.06.2019
53	MH 53-1, MH 53-2, MH 53-3, MH 53-4, MH 53-5, MH 53-6, MH 53-7, MH 53-8, MH 53-9,	Akçakent (Mahsenli köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1268	15.06.2019
54	MH 54-1, MH 54-2, MH 54-3, MH 54-4, MH 54-5, MH 5 4-6	Akçakent (Mahsenli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1268	15.06.2019
55	MH 55-1, MH 55-2, MH 55-3, MH 55-4, MH 55-5, MH 55-6, MH 55-7, MH 55-8, MH 55-9	Boztepe (Külhüyük köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1150	15.06.2019
56	MH 56-1, MH 56-2, MH 56-3, MH 56-4, MH 56-5, MH 56-6, MH 5 6-7, MH 56-8	Boztepe (Külhüyük köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1150	15.06.2019

**Tablo 3.1.** Toprak Numunelerinin Alındıkları Yerler (Devamı)

Örnek No	İzolasyon numarası	Toprak numunesinin alındığı yer	Alındığı Bitki Rizosferi	Rakım	Tarih
57	MH 57-1, MH 57-2, MH 57-3, MH 57-4, MH 57-5, MH 57-6, MH 57-7	Boztepe (Külhüyük köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1150	15.06.2019
58	MH 58-1, MH 58-2, MH 58-3, MH 58-4, MH 58-5, MH 58-6, MH 58-7, MH 58-8, MH 58-9, MH 58-10	Boztepe (Külhüyük köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1150	15.06.2019
59	MH 59-1, MH 59-2, MH 59-3, MH 59-4, MH 59-5, MH 59-6, MH 59-7, MH 59-8	Boztepe (Külhüyük köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1150	15.06.2019
60	MH 60-1, MH 60-2, MH 60-3, MH 60-4, MH 60-5, MH 60-6, MH 60-7, MH 60-8	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1140	15.06.2019
61	MH 61-1, MH 61-2, MH 61-3, MH 61-4, MH 61-5, MH 61-6	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1140	15.06.2019
62	MH 62-1, MH 62-2, MH 62-3, MH 62-4, MH 62-5, MH 62-6	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1140	15.06.2019
63	MH 63-1, MH 63-2, MH 63-3, MH 63-4, MH 63-5, MH 63-6, MH 63-7, MH 63-8	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019
64	MH 64-1, MH 64-2, MH 64-3, MH 64-4, MH 64-5, MH 64-6	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1140	15.06.2019

### 3.1.3. Çalışmada Kullanılan Kontrol Suşu

Bakterilere uygulanan ağır metal dirençlilik testinde kontrol mikroorganizması olarak *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 no'lu suş kullanılmıştır.

### 3.1.4. Çalışmada Kullanılan Alet ve Cihazlar

Çalışmada Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda bulunan çeşitli alet ve cihazlar kullanılmıştır. Bu cihazlarla ilgili marka ve firma bilgileri yöntemlerin anlatıldığı bölümlerde verilmiştir.

### 3.1.5. Çalışmada Kullanılan Besiyerleri

#### 3.1.5.1. Nutrient Agar

Bakterilerin izolasyonu ve bakterilerin +4 °C'de stoklanması için gerekli olan yatık agar besiyeri hazırlamada kullanılmıştır.

Maddeler	Miktar (g/L)
Peptone	5
Meat ekstrakt	3
Agar-Agar	12

Çalışmada kullanılan besiyerinden 20g alınıp 1 litre distile suda çözdürülmüştür. Ardından besiyeri otoklavda (Nüve OT 40L) steril edilerek aseptik koşullar altında steril petrilere dökülmüş, herhangi bir kontaminasyon ihtimaline karşı bir gece 37°C'de etüvde (Nüve EN 500) inkübasyona bırakılmıştır.

#### 3.1.5.2. Nutrient Broth

Bakteri suşlarının aktifleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Maddeler	Miktar(g/L)
Peptone	5,0
Meat ekstrakt	3,0

Hazır besiyerinden 8g nutrient broth alınıp 1 litre distile suda çözdürülmüş, ardından hazırlanan çözelti vidalı kapaklı, ısıya dayanıklı deney tüplerine dağıtılmıştır. Ağzı tam kapatılmamış ve üzeri alüminyum folyo ile kapatılan deney tüpleri otoklavda 121°C'de 15 dakika sterilize edilmiştir.

### 3.1.5.3. Tyryptic Soy Broth (TSB)

Çok amaçlı genel bir besiyeri olan TSB, bakteri suşlarının zenginleştirilmesi amacıyla kullanılmış olup aynı zamanda izolasyonda az üreme gösteren suşların daha iyi gelişip üreyebilmesi amacıyla da kullanılmıştır.

Maddeler	Miktar (g/L)
Peptone from soy meal	3
D (+) Glucose monohydrate	2,5
Peptone from casein	17
di-Potasyum hidrojen phosphate	2,5
Sodium chloride	5

Hazır besiyerinden 30g TSB alınıp 1litre distile suda çözdürülmüş, ardından hazırlanan çözelti vidalı kapaklı, ısıya dayanıklı deney tüplerine dağıtılmıştır. Ağzı tam kapatılmamış ve üzeri alüminyum folyo ile kapatılan deney tüpleri otoklavda 121°C'de 15 dakika sterilize edilmiştir.

### 3.1.5.4. Patates Dekstroz Agar (PDA)

Genel besiyeri olup, fungusların geliştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Hassas terazide 39g PDA tartılarak 1 litre distile suda çözdürülmüş sonra hazırlanan besiyeri otoklavda 121°C'de 15 dk steril edilerek soğumaya bırakılmıştır. Besiyeri 45°C'ye kadar soğutulduktan sonra steril petrilere dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır.

### 3.1.5.5. Nişasta Agar Besiyeri

Araştırmada izolatların amilaz aktivitesini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. Hazırlanan ortamın pH'sı 1M NaOH veya 1M HCl ile  $7\pm 0,2$ 'e ayarlanmıştır.

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar (g/L)</b>
Meat ekstrakt (Et özütü)	3
Pepton	5
Nişasta	20
Agar	12

Çalışmada gerekli miktarda nişasta agar besiyerinden alınıp 1litre distile suda çözdürüldükten sonra, otoklavda (Nüve OT 40L) steril edilerek aseptik koşullar altında steril petrilere dökülmüş, herhangi bir kontaminasyon ihtimaline karşı bir gece 37<sup>0</sup>C`de etüvde (Nüve EN 500) inkübasyona bırakılmıştır.

### **3.1.5.6. Skimmilk Agar Besiyeri**

Çalışmada izolatların proteaz aktivitesini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır.

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar (g/L)</b>
Meat ekstrakt (Et özütü)	3
NaCl	5
Yeast ekstrakt (Maya özütü)	3
Agar	15
Skimmilk	20
Pepton	10

Araştırmada gerekli miktarda skimmilk agar besiyerinden alınıp 1litre distile suda çözdürüldükten sonra, otoklavda (Nüve OT 40L) steril edilerek aseptik koşullar altında steril petrilere dökülmüş, herhangi bir kontaminasyon ihtimaline karşı bir gece 37<sup>0</sup>C`de etüvde (Nüve EN 500) inkübasyona bırakılmıştır.



### 3.1.5.7. Simmons Sitrat Agar Besiyeri

Çalışmamızda izolatların sitrat aktivitesini belirlemek için hazırlanmıştır.

Maddeler	Miktar (g/L)
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1
Sodyum sitrat	2
MgSO <sub>4</sub>	0,2
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1
Bromtimol mavisi	0,08

Araştırmada gerekli miktarda simmons sitrat agar besiyerinden alınıp 1litre distile suda çözdürüldükten sonra, otoklavda (Nüve OT 40L) steril edilerek aseptik koşullar altında steril petrilere dökülmüş, herhangi bir kontaminasyon ihtimaline karşı bir gece 37<sup>0</sup>C`de etüvde (Nüve EN 500) inkübasyona bırakılmıştır.

### 3.1.5.8. Jelatin Agar Besiyeri

Çalışmamızda izolatların jelatinaz aktivitesini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır.

Maddeler	Miktar(g/L)
Meat ekstrakt (Et özütü)	3
Jelatin	10
Agar	12
Pepton	5

Araştırmada gerekli miktarda besiyeri hazırlandıktan sonra, 5 ml`lik tüplere konulmuş ve otoklavda 121°C, 1.5 atm basınçta sterilize edilmiştir. Herhangi bir kontaminasyon ihtimaline karşı bir gece 37<sup>0</sup>C`de etüvde (Nüve EN 500) inkübasyona bırakılmıştır.

### 3.1.5.9. Katı Burk`s N-free Besiyeri

Çalışmamızda azot fiksasyonu yapabilen izolatları belirlemek amacıyla hazırlanmıştır.

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar (g/L)</b>
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.41
Glikoz	10
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.52
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.05
CaCl <sub>2</sub>	0.2
FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0.005
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0.1
Agar	1.8
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0.0025

Araştırmada gerekli miktarda Burk's N-free besiyerinden alınıp 1 litre distile suda çözdürölmüş, besiyerinin pH'sı 7±0,1'e ayarlanmıştır. Daha sonra otoklavda (Nüve OT 40L) steril edilerek aseptik koşullar altında steril petrilere dökölmüş, herhangi bir kontaminasyon ihtimaline karşı bir gece 37<sup>0</sup>C'de etüvde (Nüve EN 500) inkübasyona bırakılmıştır.

### 3.1.5.10. Yarı-katı JNFb Besiyeri

Çalışmamızda izolatların azot fiksasyon yeteneklerinin doğrulanması amacıyla hazırlanmıştır.

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar (g/L)</b>
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ,	0,6
Malik asit	5
NaCl	0,1
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,8
KOH	4,5
1,64'lük Fe-EDTA solösyonu	4
CaCl <sub>2</sub>	0,02
Vitamin solösyonu	1
%0,5'lik bromtimol blue solösyonu	2
Mikronutrient solösyonu	2
Agar	1,9

Yukarıda belirtilen içerik 800 ml saf su içerisinde çözülmüş ve pH 5,8'e ayarlanmıştır. Daha sonra hacim, distile su ile 1L'ye tamamlanmış ve 121<sup>0</sup>C'de 15dk otoklavlanarak hazırlanmıştır.

%1,64g'lık Fe-EDTA: 10ml hazırlamak için; 1,64g EDTA 1,7ml 1N KOH içerisinde çözülerek üzerine 1,56g FeSO<sub>4</sub> ilave edilerek karıştırılmış ve hacmi distile su ile 10ml'ye tamamlanmıştır.

%0,5'lik Bromtimol blue: 0,01g bromtimol blue, 0,2N 2ml KOH çözülerek hazırlanmıştır.

Vitamin solüsyonu: 100ml distile su içerisinde 10mg biotin ve 20mg pyridoxol- HCl çözüldürülmüştür.

Mikronutrient solüsyon: 1L'lik distile su içerisine 0,4g CuSO<sub>4</sub>, 0,12g Zn SO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 1,4g H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub>, 1g Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ve 1,5g MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O ilave edilip karıştırılarak hazırlanmıştır.

### 3.1.5.11. NBRIP (National Botanical Research Institute's Phosphate) Besiyeri

Çalışmamızda inorganik fosfatın mikrobiyal yolla çözünmesinde etkili izolatların belirlenmesi için hazırlanmıştır.

Maddeler	Miktar (g/L)
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	5
MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	5
KCl	0,2
MgSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0,25
Glukoz	10
Bromophenol blue	0,025
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,1
Agar	15

Yukarıda belirtilen içerik alınarak distile suyla 1L'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 121°C'de 15 dk otoklavlanarak hazırlanmıştır.

### 3.1.5.12. CAS Blue Agar

Çalışmamızda izolatların siderofor üretimi yaptıklarını belirlemek amacıyla Schwyn ve ark. (1987) tarafından önerilen prosedür kullanılmıştır. Bu prosedüre göre izolatların siderofor üretimini belirlemek amacıyla CAS Blue Agar hazırlanmıştır.

#### A. Blue Dye Çözeltisi

0,06g CAS, 50 ml distile suda çözülerek çözelti 1 hazırlanmıştır.

0,0027g FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, 10ml, 10mM HCl'de çözülerek çözelti 2 hazırlanmıştır.

0,073g HDTMA, 40ml distile suda çözülerek çözelti 3 hazırlanmıştır.

Daha sonra çözelti 1 ile 9ml çözelti 2 karıştırılıp üzerine çözelti 3 ilave edilmiş ve böylece çözeltinin rengi maviye dönüşmüştür. Elde edilen bu karışım cam şişeye konulup otoklavlanarak muhafaza edilmiştir.

#### B. Karışım Çözeltisi

Minimal Media 9 (MM9) Salt Solution Stock Çözeltisi: 500ml ddH<sub>2</sub>O içerisinde 15g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 25g NaCl ve 50g NH<sub>4</sub>Cl çözülerek hazırlanmıştır.

%20 Glukoz Stock Çözeltisi: 100ml distile su içerisinde 20g glukoz çözülerek hazırlanmıştır.

NaOH Stock Çözeltisi: 150ml distile su içerisinde 25g NaOH çözülerek hazırlanmış ve pH'sı yaklaşık olarak 12'ye ayarlanmıştır.

Casamino Asit Çözeltisi: 3g Casamino asit, 27ml distile su içerisinde çözülerek hazırlanmıştır. Çözeltide bulunan demiri ortadan kaldırmak için, kloroformda %3-8 hidroksikinolin ile ekstrakte edilmiş ve filtre ile sterilize edilmiştir.

#### C. CAS Agar hazırlanması

750ml distile su içerisine MM9 salt çözeltisinde 100ml eklemiş, ardından 32,24g piperazin-N-N'bis (2- ethanesulfonic asit) PIPES ve 15g Bacto agar da eklenerek, otoklavlanmış ve 50°C'ye kadar soğuması sağlanmıştır.

MM9/PIPES karışımına steril %20 glukoz çözeltisinden 10ml, Casamino asit çözeltisinden 30ml eklemiştir. 100ml Blue Dye çözeltisinden eklenerek homojen bir çözelti elde edilinceye kadar karıştırılmış ve ardından petrilere kontaminasyon olmayacak şekilde dökülmüştür.

### 3.1.6. Kullanılan Boyalar

#### 3.1.6.1. Kristal Viyole

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar (g/L)</b>
Amonyum Oksalat	0,8
Kristal Viyole	2,0
Etil Alkol (%95)	20 ml
Distile Su	80 ml

20ml %95`lik etil alkol içerisinde 2g kristal viyole çözdürülmüştür. Bununla beraber 80ml distile suda 0,8g amonyum oksalat çözdürülerek bu iki çözelti birbirine karıştırılmıştır (Temiz, 2010).

### **3.1.6.2. Safranin**

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar(g/L)</b>
Safranin	0,5
Etil Alkol (%95)	10 ml
Distile Su	100 ml

Safranin etil alkolde eritilip distile suda çözdürülmüştür (Temiz, 2010).

### **3.1.7. Kullanılan Tampon ve Çözeltiler**

#### **3.1.7.1. Lugol Çözeltisi (Gram İyot Çözeltisi)**

<b>Maddeler</b>	<b>Miktar (g/L)</b>
Potasyum iyodit	10
İyot	5
Distile Su	100 ml

Potasyum iyodit 30ml distile su içerisinde çözüldükten sonra iyot çözeltiye eklenmiş ve çözelti hacmi 100ml'ye tamamlanmıştır (Temiz, 2010).

### 3.1.7.2. KOH Çözeltisi (%3'lük)

Maddeler	Miktar (g/L)
KOH	3
Distile Su	100 ml

Madde 100 ml distile su içerisinde çözülerek hazırlanmıştır.

### 3.1.7.3. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Çözeltisi (%3'lük)

Maddeler	Miktar (g/L)
%30'luk H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10 ml
Distile Su	90 ml

%30'luk konsantre hidrojen peroksit solüsyonundan 10 ml alınıp 90 ml distile su ilavesi ile %3'e seyreltilmiştir.

### 3.1.7.4. Gliserol

Bakteri kültürleri için stok besiyeri hazırlamada kullanılmıştır.

### 3.1.7.5. Tetrametil-p-enilendiamin Çözeltisi (%1'lik)

Maddeler	Miktar (g/L)
Tetrametil-p-fenilendiamin	1,0
Distile Su	100 ml

Tetrametil-p-fenilendiamin 100 ml distile su içerisinde çözülmüştür.

### 3.1.7.6. Salkowski Ayracı

Çalışmamızda IAA üretimi yapan izolatların belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır

Maddeler	Miktar (g/L)
%35'lik perklorik asit	50 ml
0,5 M FeCl <sub>3</sub> çözeltisi	1 ml

### 3.1.8. Kullanılan Ağır Metaller

Her bir ağır metalin 5mM, 10mM, 15mM konsantrasyonları hazırlanıp 0,2 µm çapında steril filtre ile sterilizasyonları gerçekleştirilmiştir. Ağır metal dirençliliği için kullanılan metallerin moleküler formülleri şu şekildedir (Tablo 3.2).

**Tablo 3.2.** Kullanılan Ağır Metallerin Formülleri

<b>Kullanılan Ağır Metal Tuzları</b>
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Bitki Kök Rizosfer Toprağı Örneklerinden Bakteri İzolasyonu ve Saflaştırılması

Çalışmada kullanılacak bakteri örneklerinin izolasyonu için Kırşehir ve ilçelerindeki arpa (*Hordeum vulgare*), aspir (*Carthamus tinctorius*), ayçiçek (*Helianthus annuus*), buğday (*Triticum aestivum*), fiğ (*Vicia spp.*), nohut (*Cicer arietinum*), yonca (*Trifolium spp.*), yulaf (*Avena sativa*), bakla (*Vicia faba*), mor lahana (*Brassica oleracea*), domates (*Solanum lycopersicum*), bamya (*Abelmoschus esculentus*), biber (*Capsicum annuum*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*), patlıcan (*Solanum melongena*), pancar (*Beta vulgaris*), altın çilek (*Physalis peruviana*), mercimek (*Lens culinaris*), pırasa (*Allium ampeloprasum*) bitkilerinin rizosfer bölgesinden alınan toprak örnekleri iyice karıştırılıp homojenize edildikten sonra her birinden,  $10^{-1}$ – $10^{-6}$ 'lık seri dilüsyonlar hazırlanmıştır (Naseem ve Bano, 2014) (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.5, Şekil 3.6). Bu örneklerden daha önce hazırlanmış nutrient agar besiyeri içeren petrilere yayma ekim yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 28°C'de 2-4 gün süreyle inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda bakteriler incelenerek belirgin morfolojik karakterlerine göre seçildikten sonra nutrient agar içeren petri plaklarına çizgi ekim yöntemiyle saf kültür elde etmek amacıyla ekilmiş 28°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda elde edilen saf süşler nutrient broth besiyerine aktarılmıştır (Şekil 3.4, Şekil 3.7).



Şekil 3.1. Toprak Numunelerinin Alındığı Lokasyonlar





Şekil 3.2. Toprak Numunelerinin Alındığı Lokasyonların Uydu Görüntüsü



Şekil 3.3. Toprak Numunelerinin Alındığı Bölgeler





Şekil 3.3. Toprak Numunelerinin Alındığı Bölgeler (Devamı)



Şekil 3.4. Bakteri İzolasyon Çalışmaları

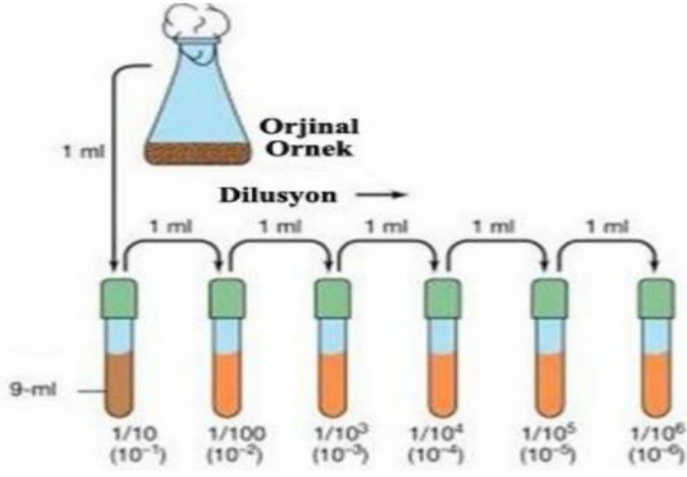


Şekil 3.4. Bakteri İzolasyon Çalışmaları (Devamı)



Şekil 3.5. Toprak Numunelerinin Seri Dilüsyon Çalışmaları





Şekil 3.6. Seri Dilüsyon Metodu (Naseem ve Bano, 2014)



Şekil 3.7. Saf Kültür Örnekleri

### **3.2.2. İzolatların Muhafaza Edilmesi**

Elde edilen izolatlar nutrient broth besiyerine ekim yapılarak 24 saat 37°C`de inkübasyona bırakılmış, aktifleştirilen izolatlar nutrient agar besiyerine inoküle edilerek 37°C`de 24 saat inkübe edilmiştir. Daha sonra katı besiyerlerinde geliştirilen kültürlerden birer koloni alınarak TSB`li besiyerine (%20`lik gliserol içeren) aktarılmıştır.

### **3.2.3. İzolatların Morfolojik Karakterizasyonu**

#### **3.2.3.1. Gram Boyama**

1- Gram boyama için temiz bir lam birkaç damla alkol ile iyice temizlendikten sonra ortasına bir damla steril saf su konulmuştur. 18-24 saat boyunca nutrient agar da gelişen taze kültürden örnekler öze ile alınmış, önce su damlası yanında ezilmiş sonra da su damlası ile yavaş yavaş karıştırılarak lamın üzerine ince bir film şeklinde yayılmıştır. Daha sonra lam, bunzen beki alevinden üç defa geçirilmiş örneğin sabit hale gelmesi (fiksasyon) sağlanmıştır. Böylece preparat hazır hale getirilmiş ve bu preparat kristal viyole ile kaplanıp 1 dakika bekletilmiştir.

2- Bir dakika sonunda saf su ile kristal viyole uzaklaştırılmıştır. Yıkanan preparat lugol (Gram iyot çözeltisi) solüsyonu ile kaplanmış ve 1 dakika muamele edilmiştir. Daha sonra birkaç damla lugol damlatılmış ve ardından preparat bol su ile yıkanmıştır.

3- Preparatın üzeri %96`lık etil alkol ile kaplanmış ve 10-15 saniye boyunca bekletilerek boya giderimi sağlanmıştır. Preparat hemen damıtık su ile yıkanmıştır.

4- Bu işlemden sonra safranin boyası damlatılıp 30-45 saniye bekletilmiştir. Süre sonunda preparat bol saf suyla yıkanmıştır. Boyama işlemi bittikten sonra preparat kurutma kağıdı kullanılarak kurutulmuştur. Işık mikroskobunun immersiyon objektifinde preparat üzerine immersiyon yağı damlatılarak bakteriler incelenmiştir. Mikroskoptaki inceleme sonucunda mor renkte görülen izolatlar Gram (+), pembe renkte görülenler ise Gram (-) olarak değerlendirilmiştir (Temiz, 2010) (Şekil 3.8).

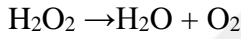
### 3.2.3.2. Hareketlilik Testi

Bakteriler sahip oldukları flagella ile aktif olarak hareket ederken bazıları flagellaya sahip olmadığı için hareket edemezler. Hareket testi için yarı katı besiyeri hazırlanmıştır. İçerisinde %0,4-%0,5 agar içeren nutrient agar besiyeri bulunan tüplere iğne uçlu öze ile dibe kadar düz bir hat boyunca taze kültürden izolatların ekimi yapılmış ve 24-48 saat 28°C’de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda inokülasyon hattından sağa ve sola doğru bir üreme veya agarın içine doğru bir yayılma var ise bakteri hareketli, inokülasyon hattı boyunca üreme olsa da sağa ve sola doğru bir dallanma yok ise bakteri hareketsiz olarak değerlendirilmiştir (Çelebi, 2012).

### 3.2.4. İzolatların Biyokimyasal Testleri

#### 3.2.4.1. Katalaz Testi

Katalaz, ortamdaki hidrojen peroksiti su ve oksijene ayırıştırarak bazı bakteriler tarafından sentezlenen bir enzimdir.



Katalaz testi için, nutrient agar ortamında geliştirilen koloniler öze yardımı ile alınarak üzerinde 1-2 damla steril saf su bulunan lama aktarılmıştır. Daha sonra bunun üzerine 2 damla %30’luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> damlatılarak karıştırılmış ve böylece gaz kabarcıklarının çıkışı gözlemlenmiştir. Gaz kabarcıklarının çıkışı pozitif olarak değerlendirilmiştir (Temiz, 2010).

#### 3.2.4.2. Oksidaz Testi

Bu test, aerobik bakteriler tarafından üretilen ve hücre içinde bulunan oksidaz enziminin (sitokrom c oksidaz) varlığını kanıtlamada kullanılır. Oksidaz reaksiyonu, sitokrom oksidaz sisteminin bulunduğunu dolayısıyla bakterinin oksijenli solunum yaptığını ifade eder. Sonuç olarak anaerobik bakterilerde oksidaz sisteminin olmadığı anlamına gelmektedir.

Oksidaz testi için, nutrient agar ortamında geliştirilen saf ve taze kolonilerin üzerine %1’lik tetrametil-p-fenilendiamin damlatılmış ve rengin maviye dönüşmesi pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Harley ve Prescott, 2002).

### 3.2.4.3. %3'lük KOH testi

Bu test Gram (-) bakterilerin %3'lük KOH ile muamelesi sonucu, hücre duvarının parçalanıp sitoplazma ve DNA'nın açığa çıkması ve böylece bir viskoz yapının oluşması esasına dayanır (Sezen, 2015).

Steril, temiz bir lam üzerine 1 damla %3'lük potasyum hidroksit çözeltisi damlatıldıktan sonra üzerine nutrient agar da geliştirilen taze bakteri kültürlerinden bir öze dolusu konulmuş ve steril bir cam çubukla karıştırılmıştır. Cam çubuğun kültür üzerine değdirilip çekilmesi sonucu uzama var ise KOH pozitif, uzama yok ise KOH negatif olarak değerlendirilmiştir. Uzama söz konusu olan izolatların Gram (-) olduğu kabul edilmiştir (Bal, 2012).

### 3.2.5. MALDI-TOF-MS Yöntemi

MALDI-TOF MS (Matriks assisted laser desorption ionization time of flight mass spectrometry) günümüzde birçok mikroorganizma tanımlanmasında kullanılan oldukça ucuz, hızlı, güvenilirliği yüksek yeni bir yöntemdir. MALDI-TOF MS cihazı iyonizasyon kaynağı (MALDI ve ESI), kütle analizörü ve algılama bölümü olmak üzere 3 bölümden oluşur (Şekil 3.8). Öncelikle örnekler matriks solüsyonu ile karıştırılarak protein içerikleri açığa çıkar. Kristalize hale gelen örnekler lazer bombardımanına tutulur böylece örnek karışım lazerden enerji alır. Alınan bu enerji karışımında bulunan iyonların gaz haline geçmesini sağlar. Böylece serbest hale geçen iyonlar elektromanyetik alanda hızlanarak uçuş tüpüne geçerler. Burada geçirdikleri zamana dikkate alınarak kütle ağırlıkları hesaplanır (Şekil 3.9).

Bu yöntemde mikroorganizmaların sahip olduğu şeker, protein, polipeptid, polimer, makromolekül gibi moleküllerin iyonize edildikten sonra elektrik ve/veya manyetik alandan geçirilerek protein profilleri çıkarılması esasına dayanır. Çıkarılan bu profil spektralarına ait grafiksel görüntülerin sistemin veri tabanındaki referans organizmaya uyumuna göre mikroorganizmalar cins ve tür bazında tanımlanabilmektedir. Dolayısıyla bu yöntemle mikroorganizmaların protein profilleri yani protein parmak izleri çıkarılmaktadır. Her mikroorganizmanın kendine has bir kütle spektralarının olduğu Anhalt ve Fenselau (1975) tarafından ortaya konulmuştur. Bu yöntemde hücrede bol bulunan temel proteinlerden ribozomal proteinler kullanılır. Bu proteinlerin odak noktası olmasının nedeni hem tanımlamada hem de fizikokimyasal koşullardan çok az etkilenmeleridir.

Ayrıca bu proteinlerin kültür yaşlandıkça yapısının bozulması analiz için kültürün taze olmasını gerektirir. Doğru sonuç alınabilmesi için örnek kültürün 48 saati aşmaması gerekir. Bakteri izolatlarında bu yöntemin doğru tanımlama oranı %95 civarındadır (Eigner ve ark., 2009). Mantarların tanımlanmasında da kullanılan bu yöntem bilhassa *Candida* cinsi mantarlarda %85 ile %100 arasında doğru tanımlama oranına sahiptir. *Fusarium* *Penicillium* ve *Aspergillus* gibi mantarlarda ise bu oran yetersiz referans spektrum nedeniyle düşmektedir.

Diğer tanı yöntemlerine bakıldığında bu yöntemin tanımlama süresinin çok kısa olması (1 saat), tek bir koloniden dahi tanımlama yapılabilmesi ve güvenilirliğinin çok yüksek olması avantajları arasındadır (Bizzini ve Greub, 2010).

İzolatların tanısı T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları'nda yaptırılmıştır.

### **3.2.5.1. Direk Transfer Örnek Hazırlama Yöntemi**

1. Kullanılacak olan biyolojik materyal ince bir film şeklinde doğrudan MALDI plakası üzerinde yer alan spota aktarılmıştır.
2. Örnek 1µL Bruker HCCA solüsyonu ile tamamen kaplanmıştır.  
(Not: Bruker HCCA içeren kapaklı tüpün, kullanımdan sonra solvent buharlaşmasını en aza indirmek amacıyla sıkı bir şekilde kapatılmış olduğundan emin olunmalıdır.)
3. Oda sıcaklığında yüzeyi matris ile kaplanmış olan örnek kurutulur. Sonuç olarak homojen bir preparasyon gözlenmelidir.

### **3.2.5.2. Uygulama Alanı**

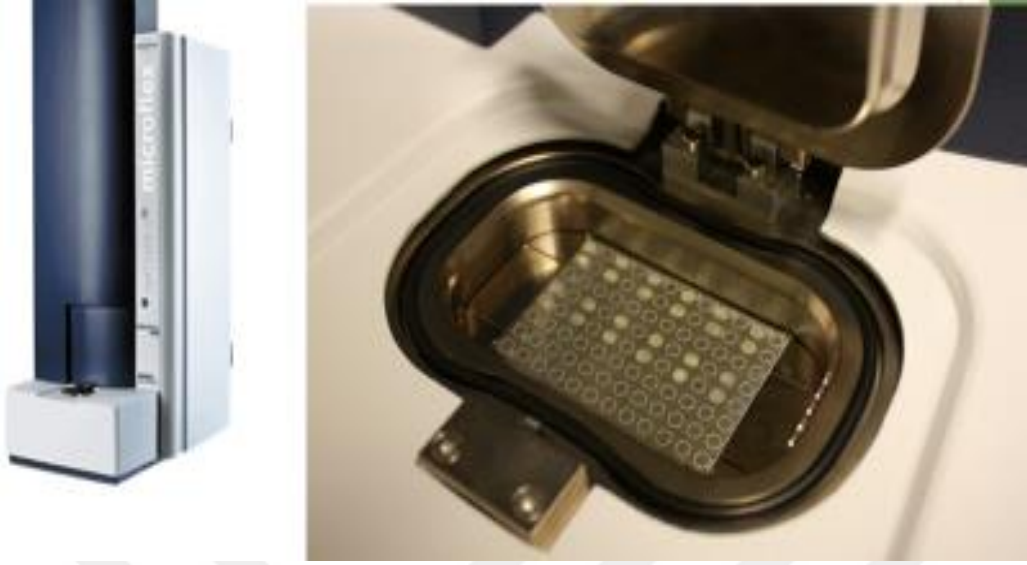
Bruker HCCA, HCCA matriks solüsyonlarının kolay ve uygun biçimde hazırlanmasına olanak sağlar. Matriks, standart solventte çözünür, kullanımı kolay ve 0,7'den 20kDa'na kadar peptitler ve proteinlerin hassasiyeti yüksek MALDI-TOF MS ile ölçümüne imkan verir.

### **3.2.5.3. Bruker HCCA Çözünme İşlemi**

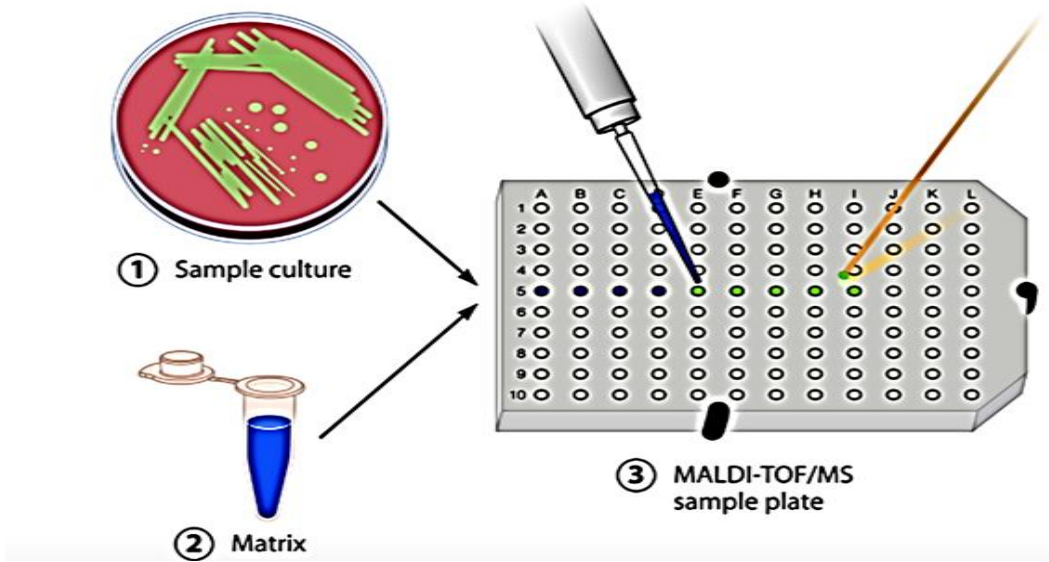
#### **Gerekli Kimyasallar ve Malzemeler**

Bruker HCCA'nın çözünmesi için tavsiye edilmiş olan Sigma-Aldrich (#19182)'den standart solvent (asetonitril %50, su %47,5 ve trifloroasetik asit %2,5) kullanılmıştır.





Şekil 3.8. MALDI-TOF MS Cihaz Görüntüsü (Bizzini ve Greub, 2010)



Şekil 3.9. MALDI-TOF MS Çalışma Yöntemi (Bizzini ve Greub, 2010)

### **3.2.6. İzolatların Ekstraselüler Enzim Tarama Testleri**

#### **3.2.6.1. Amilaz Aktivitesi**

Birçok canlı organizmalar tarafından üretilen amilaz enzimi nişastada bulunan  $\alpha$ -1,4-glukozidik bağlarını parçalar. Hücre dışı (ekstraselüler) hidrolitik enzimler arasında yer alan amilaz tekstil, deterjan, kağıt, gıda ve eczacılık olmak üzere birçok endüstriyel alanda kullanılır (Rao ve ark., 1998). Ayrıca Bacillus, Paenibacillus, Endomyces gibi cinsler tarafından üretilen  $\alpha$ -amilaz başta gıda sektörü olmak üzere birçok endüstriyel uygulamalar için özel bir konuma sahiptir (Reddy ve ark., 2003).

Amilaz aktivitesinin belirlemek amacıyla nişasta agar besiyeri (maya ekstraktı 5g, NaCl 10 g, tripton 10g, nişasta 5g, agar 15g, saf su 1000 ml) hazırlandı. Nişasta agar besiyerine ekim yapıldıktan sonra 30°C'ye ayarlanmış etüve konularak 1 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda petrilere iyodin çözeltisi (I<sub>2</sub> 1g, KI 2g, saf su 300ml) damlatılarak 5dk beklenip zon oluşumu incelenmiştir. Koloni etrafındaki zon oluşumu amilaz varlığını göstermektedir (Coşkun, 2010).

#### **3.2.6.2. Proteaz Üretimi**

Proteaz, proteinleri peptit ve aminoasitlere hidrolizini katalizleyen ayrıca bakteri hücre duvarını parçalayan enzimlerden birisidir. Proteaz üretim testi için süt içeren agar (skimmilk agar) besiyeri hazırlanıp çizgi ekim yöntemi ile bakteri ekimi yapılmış ve üç gün 37°C'de inkübe edilmiştir. Daha sonra zon oluşumu incelenmiş ve koloni etrafındaki açık zonlar proteaz varlığını göstermiştir (Duman, 2017).

#### **3.2.6.3. Sitrat Testi**

Sitrat testi, bakterilerin besiyerlerinde bulunan sitratı karbon kaynağı ve amonyum tuzlarını da nitrojen kaynağı olarak kullanımını saptamak amacıyla uygulanmaktadır. Bakteriler tarafından sitratın ayrışması (sitrat metabolizması) citritase (citrate oxalacetate-lyase) veya citrate demolase enzim sistemi tarafından gerçekleştirilir.

Sitrat testi için 10ml yatık Simmans agar besiyeri hazırlanarak pH 6.9'a ayarlanmıştır. Daha sonra hazırlanan 10ml'lik tüplere öze ile izolatlar inokule edilip 28°C'de 7 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucu tüplerde oluşan renk değişimi ile sitratın bakteri tarafından kullanıp kullanılmadığı belirlenmiş olmaktadır. Tüpteki yeşilden maviye renk dönüşümü pozitif, hiçbir üremenin olmaması ve tüpün orijinal yeşil rengini

koruması negatif olarak değerlendirilmiştir. Tüp rengindeki maviye dönüşüm sitratın enerji ve karbon kaynağı olarak kullanıldığını göstermektedir (Temiz, 2010).

#### **3.2.6.4. Jelatinaz Aktivitesi**

Jelatin kollajenin kaynatılması ile ortaya çıkan bir proteindir. Sıcak suda bekletildiğinde jel kıvamını alır. Jelatinaz enzimi jelatin proteinini parçalar ve bu enzime sahip bakteriler jelatin proteinini parçaladıkları için jelatinli besiyerini sulandırır.

Çalışmamızda izolatların jelatinaz aktivitesini belirlemek amacıyla jelatin agar hazırlanmıştır. Gerekli miktarda besiyeri hazırlandıktan sonra 5ml'lik tüplere konulup otoklavda 121°C, 1.5 atm basınçta sterilize edilmiş ve sonra tüplere 24 saatlik taze kültürden alınan izolatlar inokule edilmiş sonrasında 28°C'de 7-14 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra +4°C deki buzdolabına kaldırılmıştır. Buzdolabında 2-3 saat kaldıktan sonra çıkarıldığında sıvı halde kalan tüplerin jelatin üretimi pozitif (+); sıvılaşmayıp katı halde kalan tüplerin ise jelatin üretimi negatif (-) olarak değerlendirilmiştir (Duman, 2017).

#### **3.2.7. İzolatların Bitki Büyümesini Teşvik Edici Özelliklerinin (PGP) belirlenmesi**

##### **3.2.7.1. İzolatların Azot Fiksasyon Yeteneklerinin Belirlenmesi**

İzolatların azot fiksasyon yeteneklerinin belirlenmesi Wilson ve Knight (1952) tarafından belirtilen protokole göre yapılmıştır. Öncelikli olarak izolatlar nutrient agar besiyerine çizgi ekim yapılmak suretiyle 24 saat süre ile 28°C'de inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyon sonucu gelişen taze kültür izolatlarının her biri, içerisinde katı Burk's N-free besiyeri bulunan petrilere çizgi ekim yöntemi ile ekilmiştir (Wilson ve Knight 1952; Park ve ark., 2005). Bu besiyerinde 28±2°C'de 4 gün inkübasyona bırakılmış ve plaklar günlük olarak kontrol edilerek gelişimlerine göre derecelendirilmiştir. Zayıf gelişme gösterenler (+), Orta derecede gelişme gösterenler (++) , İyi derecede gelişme gösterenler (+++) şeklinde değerlendirilmiştir.

### **3.2.7.2. İzolatların Azot Fiksasyon Yeteneklerinin Doğrulanması**

Burk's N-free besiyerinde 30°C'de 3-4 gün sonunda gelişerek azot fiksasyonu yaptığı görülen bakteriler daha sonra TSA besiyerinde 30°C'de 24 saat geliştirilerek içerisinde 5 ml Baldani ve ark (2014)'e göre hazırlanan yarı-katı JNFb besiyeri içeren steril test tüplerine inoküle edilmiştir. İnokülasyon yapılmayan tüpler kontrol grubu olarak kabul edilmiş, inokülasyon yapılmış tüpler ise 30°C'lik etüvde 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Bu inkübasyon süresinin sonunda kontrol grubu olan tüplerde herhangi bir değişim söz konusu olmaz iken, azot fikse edebilen bakterilerin mevcut besiyerinde renk değişimine ve besiyeri yüzeyine yakın yerde bir zar tabakası oluşturup oluşturmadıklarına bakılarak değerlendirilmiştir. Azot fiksasyonu yapan tüplerde sarıdan maviye renk değişimi ve besiyerinin yüzeyine yakın kısımda bir zon oluşturdukları gözlenmektedir.

### **3.2.7.3. İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Kapasitelerinin Belirlenmesi**

İzolatların inorganik fosfat çözme kapasiteleri, Mehta ve Nautiyal (2001) tarafından tanımlanan protokole göre kalitatif olarak belirlenmiştir. İçerisinde 5ml NBRIP-BPB Besiyeri (National Botanical Research Institute's Phosphate) bulunan tüplere, nutrient agar besiyerinde gelişen saf bakteri kültürlerinden 25 mikrolitre (yaklaşık  $0,5-1 \times 10^9$  CFU/ml) inoküle edilmiş ve kontrol grubu olan tüplere inokülasyon yapılmamıştır. Daha sonra tüm tüpler  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de ve 180rpm'de 3 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonucu kontrol grubu olan tüplerin renklerinde (mavi-mor) herhangi bir renk değişimi olmadığı halde, inokülasyon yapılan tüplerin bazılarında renk açılımlarının meydana geldiği gözlemlenmiştir.

### **3.2.7.4. Siderofor Üretimi Yapan İzolatların Belirlenmesi**

İzolatların siderofor üretimi yaptıklarını belirlemek amacıyla Schwyn ve ark. (1987) tarafından önerilen prosedür uygulanıp bu yöntemde Chrome Azurol S agar kullanılmıştır.

İzolatlar besiyerine nokta ekim yöntemi kullanılarak ekilmiş ve  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de 4 gün boyunca inkübe edilmiştir. Inkübasyon sonunda bakterilerin etrafında oluşan sarı-turuncu renk oluşumu pozitif sonuç olarak değerlendirilmiş ve oluşan zon çapları (mm) ölçülmüştür (Öğütücü ve Avşar, 2020).

### **3.2.7.5. HCN Üretimi Yapan İzolatların Belirlenmesi**

Hidrojen siyanür (HCN), birçok rizobakteri tarafından sentezlenip birçok organizma

üzerinde güçlü bir etkiye sahip uçucu ve zehirli bir ikincil metabolittir. *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Rhizobium* gibi birçok rizosferik bakteri cinsi HCN üretme yeteneğine sahiptir. HCN, bitkide bakteriyel hastalıkları kontrol etmek için büyük bir önem teşkil etmektedir (Lanteigne ve ark., 2012). Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler siderofor üreterek zararlı bakterilerin HCN üretmesine engel olurlar. Ortamda sınırlı miktarda bulunan demiri bitki gelişimi için yararlı bakteriler kullandığı için zararlı bakteriler çoğalamazlar.

İzolaların HCN üretiminin belirlenmesi amacıyla Bakker ve Schippers (1987)'in önerdiği yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla; %0.44 glisin içeren nutrient agar besiyerine bakteri ekimleri yapılmış, besiyerine değmeyecek şekilde petri plağının kenarına pikrik asit (%0,5 pikrik asit, %2 sodyum karbonat) emdirilmiş filtre kağıtları (1,5 cm çapında) konulmuştur. Daha sonra petrilerin ağızları parafinle sıkıca kapatılarak 4 gün 28±2 °C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda pikrik asit emdirilmiş kağıtların sarıdan kahverengine dönmesi pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Deshwal ve Kumar 2013).

### **3.2.7.6. İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretimi Yapan İzolatların Belirlenmesi**

Azot fikse ettiği belirlenen bakteri izolatları, içerisinde TSB (Tryptic Soy Broth) besiyeri bulunan erlenlerde 48 saat süre ile geliştirilmiştir. Sarwar ve ark. (1995) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak, sıvı kültürde geliştirilen bakteriler 10,000rpm'de 10 dk. santrifüj edilmiş, 250ml'lik erlenler içerisinde 100 ml sterilize edilmiş Luria Bertani ve %0,01g L-triptofan içeren besiyerine (yaklaşık  $0,5-1 \times 10^9$  CFU/ml) inokülasyon yapılarak, çalkalayıcıda 30°C'de ve 180rpm'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonra, bakteri kültürleri 10,000rpm'de 10 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. 10ml'lik tüpler içerisine süpernatanttan 2ml konularak ve üzerine 3ml önceden hazırlanmış 0,5 M 1ml FeCl<sub>3</sub> %98'lik 50ml perklorik asit (HClO<sub>4</sub>) içerisine eklenip karıştırılarak hazırlanan Salkowski çözeltisinden eklenmiştir. Daha sonra 30°C'de karanlık ortamda bir saat beklemeye bırakılmıştır. Bekleme süresinin ardından pembe renk değişimi IAA üretimi için pozitif olarak, renk değişimi göstermeyenler negatif olarak kabul edilmiştir.

### **3.2.8. Ağır Metal Dirençlilik Düzeylerinin Belirlenmesi**

Ağır metal dirençliliklerin belirlenmesinde well difüzyon yöntemi kullanılmış ve oluşan zon çapları ölçülmüştür (Nithya ve ark., 2011). Daha önce düşük konsantrasyonlarla

yapılan ön denemeler sonucunda verimli sonuç alınmadığı için konsantrasyonlar 5mM, 10 mM, 15 mM olarak belirlenmiştir. Bu sayede en yüksek dirence sahip mikroorganizmalar seçilebilecektir. Metallerin sulu çözeltileri besi ortamına eklenmeden önce steril filtre (PTFE 0,2µm çapında) ile steril edildikten sonra besiyerine konulmuştur. Kullanılan metallerin molekül formülleri  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 'dir. Kontrol mikroorganizması olarak *P. aeruginosa* ATCC 27853 standart suşu seçilmiştir. Denenen bakteri suşları kontrol mikroorganizmanın direnç değerlerinden daha yüksek bir ortamda üreme gösterirse dirençli sayılmıştır.

Bakteri izolatları aşılınmış Mueller Hinton agarlı besiyerlerinde kuyucuk açmak için steril, içi boş 6mm ağız çapına sahip küçük bir metal aparat kullanılmıştır. Öncelikle aparatın ağız kısmı etil alkole daldırılmış ve daha sonra alevden geçirilerek sterilize edilmiştir. Sonraki aşamada aparat dik vaziyette besiyerinin dibine kadar daldırılmış ve kendi eksenini etrafında hafifçe sağa ve sola döndürülmüştür. Bu hareketle agarlı besiyeri halka şeklinde kesilmiş ve aparat yine dik vaziyette besiyerinden çıkarılmıştır. Bu işlem sonrasında, kesilmiş agarlı besiyeri çoğunlukla aparatın içine geçerek aparatla birlikte uzaklaştırılır ve böylece de besiyeri içinde bir kuyucuk açılmış olmaktadır (Temiz, 2010).

Besiyerinde yukarıda anlatıldığı şekilde hareket edilerek uygun aralıklarla ve belli sayıda kuyucuklar açılmıştır. Petri kutusundaki agarlı besiyerinde, kontrol de dahil olmak üzere 7 kuyucuk (ortadaki kontrol ve yanlarda 2'şer paralel olmak üzere 6 kuyucuk) açılmıştır.

Kuyucukların her ikisine aynı madde uygulanarak çalışmanın ikişer paralel olarak ilerlemesi sağlanmıştır. Besiyerindeki ilk 2 kuyucuğa 5mM, sonraki kuyucuğa 10mM ve en son iki kuyucuğa ise 15mm ağır metal solüsyonları ve kontrol olarak da çözücü madde eklenmiştir. Ağır metal solüsyonlarının eklenmesinden sonra besiyerleri 37<sup>0</sup>C`de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonucunda oluşan zon çapları ölçülerek not edilmiştir.

### **3.2.9. İzolatların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi**

#### **3.2.9.1. Patojen Fungus İzolasyonu**

2020 yılında Kırşehir'de manavdan alınan hastalıklı patatesler laboratuvara getirilmiş ve buzdolabında +4°C'de tutulmuştur. Örnekler izolasyon yapılmak üzere buzdolabından alınmış ve musluk suyunda yıkandıktan sonra laminar kabinde gövdenin enfekteli kısmından 0,5-1 cm'lik parçalar %1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) içerisinde 1-2 dk

bekletilmiş daha sonra yüzeysel olarak dezenfekte edilip, 3 defa steril saf suyla durulanmıştır. Ardından kurutma kağıdı üzerinde kurutulduktan sonra PDA içeren petrilere yerleştirilerek, 25-27°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Petri yüzeyinde gelişen fungus kolonilerinin uç kısmından küçük misel parçaları yeni petriye aktarılarak saf kültürler elde edilmiştir. Bu izolatlar daha sonra PDA içeren test tüplerine alınarak çalışmanın bundan sonraki aşamalarında kullanılmak üzere +4°C’de muhafaza edilmiştir.

### **3.2.9.2. Fungus İzolatlarının Patojenite Testi**

Manavdan alınan patatesler test bitkisi olarak kullanılmıştır. Patatesler önce çeşme suyu altında yıkanmıştır. Laminar kabine alınan patatesler %1’lik sodyum hipoklorit (NaClO) ile 10 dk dezenfekte edilmiş ve sonra 3 set steril saf sudan geçirilmiştir. Daha sonra kurutma kağıdı serili kutulara yerleştirilen patatesler üzerinde steril bir bistüri yardımıyla 0,5-1 cm’lik bir yara açılmış ve fungus misel diski konularak etrafı parafinle sarılmıştır. Patates yumruları inokulasyonundan 10 gün sonra hastalıklı kısımlardan yeniden izolasyon yapılarak Koch Postulatları tamamlanmıştır.

### **3.2.9.3. Patojen Fungusun Makroskobik ve Mikroskobik Tanısı**

Patojenite testi sonucunda virülant olduğu tespit edilen fungus izolatu PDA’da geliştirilmiş, kolonilerinin kültürel ve morfolojik özellikleri dikkate alınarak Hasenekoğlu (1991)’na göre tanısı yapılmıştır. Tanısı yapılan fungus kültürü PDA içeren test tüplerine aktarılarak ilerideki çalışmalarda kullanılmak üzere +4°C’de muhafaza edilmiştir.

### **3.2.9.4. İzolatların Antifungal Aktivitelerinin Belirlenmesi**

Daha önce izole edilmiş bakterilerin fitopatojen fungus üzerine etkisini belirlemek için fungus izolatının gelişmekte olan 4-5 günlük kültüründen 6 mm çapında disk alınarak PDA içeren petrilere ortasına yerleştirilmiştir. Test edilmek istenen bakteri izolatları ise NA içeren petrilere geliştirildikten sonra 24 saatlik kültüründen alınarak petrinin kenar kısmına eküvyon çubukla çizilmiş ve bir hafta süre ile 25°C’de karanlıkta inkübasyona bırakılmıştır (Tekiner ve ark., 2019). Kontrol olarak ise PDA içeren petrilere ortasına sadece patojen fungus izolatu yerleştirilmiş ve değerlendirme patojen fungus izolatu kontrol petrisini kapladığında yapılmıştır. Uygulama petrilere fungusun çapı mm olarak ölçülmüştür. Bakterilerin fungus kolonisinin gelişimini yüzde engellenme oranı Mari ve

ark. (1996)'ın belirttiği radyal gelişmenin engelleme yüzdesi formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada her bir bakteriyel izolat için 3'er petri kullanılmıştır.

$$\% \text{ Engelleme} = (C-T) / (C-M) \times 100$$

C: Kontrol uygulamasında patojenin koloni çapı

M: Misel diskin çapı (6 mm)

T: Bakteri uygulamasında patojenin koloni çapı

### **3.2.10. Sonuçların Analiz Edilmesi**

Antifungal aktivite test sonucu elde edilen veriler JUMP 5.0.1. istatistik programında varyans analizine (ANOVA) göre değerlendirilmiş ve uygulamalar arasındaki farklılık "LS Means Differences Student's" çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir.



## 4. BULGULAR

### 4.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Bakteri İzolasyonu

Bu çalışmada Haziran ve Kasım aylarında Kırşehir ve ilçelerindeki (Akçakent, Akpınar, Boztepe, Çiçekdağı, Kaman, Mucur,) arpa (*H. vulgare*), aspir (*C. tinctorius*), ayçiçek (*H. annuus*), buğday (*T. aestivum*), fiğ (*Vicia spp.*), nohut (*C. arietinum*), yonca (*Trifolium spp.*), yulaf (*A. sativa*), bakla (*Vicia faba*), mor lahana (*B. oleracea*), domates (*S. lycopersicum*), bamyası (*A. esculentus*), biber (*C. annuum*), fasulye (*P. vulgaris*), patlıcan (*S. melongena*), pancar (*B. vulgaris*), altın çilek (*P. peruviana*), mercimek (*L. culinaris*), pırasa (*A. ampeloprasum*) bitkilerinden 61 adet rizosferik toprak örneği ve 3 tane bakir toprak örneği alınmış 142 adet saf izolat elde edilmiştir (Tablo 4.1, Şekil 3.4, Şekil 4.1).

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 62-6	<i>Acinetobacter baumannii</i>	1,519	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1140	15.06.2019
MH 51-8	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	1,888	Akçakent (Mahsenli köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1268	15.06.2019
MH 39-6	<i>Actinomyces viscosus</i>	1,464	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1080	11.06.2019
MH 9-6	<i>Aeromonas encheleia</i>	1,972	Ahi Evran Üniv. Kampüsü	Fiğ ( <i>V. sativa</i> )	1064	15.10.2019
MH 26-3	<i>Agromyces cerinus</i>	1,329	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
MH 64-1	<i>Alcaligenes faecalis</i>	1,330	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1140	15.06.2019
MH 60-3	<i>Aromatoleum evansii</i>	1,537	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1140	15.06.2019
MH 60-1	<i>Arthrobacter crystallopoietes</i>	1,404	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1140	15.06.2019
MH 64-4	<i>Arthrobacter parietis</i>	1,391	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1140	15.06.2019
MH 46-6	<i>Arthrobacter ruscicus</i>	1,338	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	13.06.2019
MH 57-4	<i>Arthrobacter woluwensis</i>	1,484	Boztepe (Külhüyük köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1150	15.06.2019
MH 24-17	<i>Azoarcus indigens</i>	1,506	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1053	12.11.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 34-5	<i>Bacillus simplex</i>	1,782	Kaman (İsahocalı köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1280	05.06.2019
MH 28-1	<i>Bacillus atrophaeus</i>	2,188	Akpınar (Merkez)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1126	03.06.2019
MH 31-3	<i>Bacillus cereus</i>	1,984	Akpınar (Merkez)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1126	03.06.2019
MH 54-6	<i>Bacillus endophyticus</i>	1,598	Akçakent (Mahsenli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1268	15.06.2019
MH 40-7	<i>Bacillus simplex</i>	1,986	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1080	11.06.2019
MH 22-2	<i>Bacillus jeotgali</i>	1,303	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Mor Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	12.11.2019
MH 14-2	<i>Bacillus licheniformis</i>	1,770	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Bamya ( <i>A. esculentus</i> )	1052	23.10.2019
MH 33-9	<i>Bacillus megaterium</i>	1,736	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	05.06.2019
MH 33-7	<i>Bacillus muralis</i>	1,799	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	05.06.2019
MH 50-6	<i>Bacillus mojavensis</i>	2,052	Akçakent (Mahsenli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1268	15.06.2019
MH 44-2	<i>Bacillus mycoides</i>	1,879	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1080	11.06.2019
MH 35-9	<i>Lactobacillus oligofermentas</i>	1,310	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	05.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 35-1	<i>Bacillus pseudomycooides</i>	1,759	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	05.06.2019
MH 57-7	<i>Bacillus pumilus</i>	2,116	Boztepe (Külhüyük köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1150	15.06.2019
MH 44-1	<i>Bacillus subtilis</i>	2,241	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1080	11.06.2019
MH 41-1	<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	2,080	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1080	11.06.2019
MH 39-7	<i>Bacillus thuringiensis</i>	1,626	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1080	11.06.2019
MH 61-4	<i>Burkholderia cepacia</i>	1,413	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1140	15.06.2019
MH 38-4	<i>Buttiauxella agrestis</i>	2,098	Kaman (İsahocalı köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1280	05.06.2019
MH 38-6	<i>Buttiauxella izardii</i>	1,775	Kaman (İsahocalı köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1280	05.06.2019
MH 63-7	<i>Blastomonas natatoria</i>	1,564	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019
MH 50-2	<i>Brevibacillus brevis</i>	1,663	Akçakent (Mahsenli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1268	15.06.2019
MH 50-3	<i>Brevibacillus parabrevis</i>	1,684	Akçakent (Mahsenli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1268	15.06.2019
MH 54-2	<i>Bifidobacterium longum</i>	1,294	Akçakent (Mahsenli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1268	15.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 25-2	<i>Candida kefyr</i>	1,388	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019
MH 26-9	<i>Candida krusei</i>	1,397	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
MH 38-8	<i>Chryseobacterium elymi</i>	1,76	Kaman (İsahocalı köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1280	05.06.2019
MH 56-2	<i>Candida guilliermondii</i>	1,309	Boztepe (Külhüyük köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1150	15.06.2019
MH 31-7	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	1,696	Akpınar (Merkez)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1126	03.06.2019
MH 38-1	<i>Chryseobacterium joostei</i>	1,914	Kaman (İsahocalı köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1280	05.06.2019
MH 48-6	<i>Chryseobacterium lathyri</i>	1,915	Kaman (İsahocalı köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1280	13.06.2019
MH 25-13	<i>Citrobacter freundii</i>	1,463	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019
MH 62-3	<i>Corynebacterium flavescens</i>	1,326	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1140	15.06.2019
MH 64-5	<i>Comamonas aquatica</i>	1,306	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1140	15.06.2019
MH 26-2	<i>Cryptococcus neoformans</i>	1,297	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
MH 29-1	<i>Cupriavidus respiraculi</i>	1,703	Akpınar (Merkez)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1126	03.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 27-5	<i>Dolosigranulum pigrum</i>	1,349	Akpınar (Merkez)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1126	03.06.2019
MH 43-3	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,36	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Yonca ( <i>M. officinalis</i> )	1080	11.06.2019
MH 32-8	<i>Exiguobacterium</i> spp.	1,722	Akpınar (Merkez)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1126	03.06.2019
MH 30-1	<i>Flavobacterium hydatis</i>	1,482	Akpınar (Merkez)	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1126	03.06.2019
MH 19-1	<i>Flavobacterium banpakuense</i>	1,955	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1052	23.10.2019
MH 21-5	<i>Flavobacterium nitrogenifigens</i>	1,705	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	12.11.2019
MH 55-7	<i>Glutamicibacter arilaitensis</i>	2,309	Boztepe (Külhüyük köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1150	15.06.2019
MH 34-3	<i>Hafnia alvei</i>	1,478	Kaman (İsahocalı köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1280	05.06.2019
MH 62-2	<i>Haemophilus influenzae</i>	1,621	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1140	15.06.2019
MH 6-7	<i>Lactobacillus amylophilus</i>	1,403	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1060	09.10.2019
MH 63-5	<i>Lactobacillus coryniformis</i>	1,214	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019
MH 56-6	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	1,354	Boztepe (Külhüyük köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1150	15.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu Bitki	Rakım	Tarih
MH 15-6	<i>Lactobacillus fermentum</i>	1,350	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	23.10.2019
MH 25-9	<i>Lactobacillus gasseri</i>	1,288	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019
MH 57-1	<i>Lactobacillus ingluviei</i>	1,376	Boztepe (Külhüyük köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1150	15.06.2019
MH 35-5	<i>Lactobacillus kefir</i>	1,359	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	05.06.2019
MH 6-4	<i>Lactobacillus oris</i>	1,42	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1060	09.10.2019
MH 17-3	<i>Lactobacillus paracasei</i>	1,396	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Pancar ( <i>B. vulgaris</i> )	1052	23.10.2019
MH 62-1	<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	1,518	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1140	15.06.2019
MH 37-5	<i>Lactobacillus plantarum</i>	1,531	Kaman (İsahocalı köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1280	05.06.2019
MH 15-5	<i>Lactobacillus sakei</i>	1,430	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	23.10.2019
MH 6-5	<i>Lactobacillus suebicus</i>	1,392	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1060	09.10.2019
MH 61-3	<i>Listeria grayi</i>	1,372	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1140	15.06.2019
MH 63-1	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	1,882	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 63-6	<i>Lysinibacillus xylanilyticus</i>	1,889	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019
MH 23-4	<i>Methylobacterium organophilum</i>	1,416	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Pırasa ( <i>A. ampeloprasum</i> )	1052	12.11.2019
MH 46-9	<i>Methylobacterium rhodesianum</i>	1,429	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	13.06.2019
MH 24-15	<i>Microbacterium saperdae</i>	1,405	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1053	12.11.2019
MH 21-2	<i>Paenarthrobacter aureescens</i>	2,161	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	12.11.2019
MH 12-5	<i>Paenibacillus amylolyticus</i>	1,873	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Bakla ( <i>V. faba</i> )	1052	23.10.2019
MH 37-3	<i>Paenibacillus apiarius</i>	1,624	Kaman (İsahocalı köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1280	05.06.2019
MH 12-6	<i>Paenibacillus kobensis</i>	1,407	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Bakla ( <i>V. faba</i> )	1052	23.10.2019
MH 13-5	<i>Paenibacillus illinoisensis</i>	1,755	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Domates ( <i>S. lycopersicum</i> )	1052	23.10.2019
MH 52-5	<i>Paenibacillus pabuli</i>	1,530	Akçakent (Mahsenli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1268	15.06.2019
MH 26-6	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	1,915	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
MH 13-6	<i>Paeniclostridium sordellii</i>	1,430	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı1	Domates ( <i>S. lycopersicum</i> )	1052	23.10.2019



**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 58-6	<i>Paenarthrobacter histidinolovarans</i>	1,336	Boztepe (Külhüyük köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1150	15.06.2019
MH 53-2	<i>Pantoea agglomerans</i>	2,257	Akçakent (Mahsenli köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1268	15.06.2019
MH 36-8	<i>Paraburkholderia terricola</i>	2,138	Kaman (İsahocalı köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1280	05.06.2019
MH 60-6	<i>Paracoccus denitrificans</i>	1,301	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1140	15.06.2019
MH 8-6	<i>Pseudeschierichia vulneris</i>	1,657	Ahi Evran Üniv. Kampüsü	Kokulu yonca ( <i>M. officinalis</i> )	1064	15.10.2019
MH 20-4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,388	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	23.10.2019
MH 11-5	<i>Pseudomonas agarici</i>	1,601	Ahi Evran Üniv. Kampüsü	Fiğ ( <i>Vicia spp.</i> )	1064	15.10.2019
MH 28-8	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i>	1,497	Akpınar (Merkez)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1126	03.06.2019
MH 31-2	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2,107	Akpınar (Merkez)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1126	03.06.2019
MH 27-1	<i>Pseudomonas brenneri</i>	1,706	Akpınar (Merkez)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1126	03.06.2019
MH 63-3	<i>Pseudomonas caricapapayae</i>	1,657	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019
MH 29-6	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	2,003	Akpınar (Merkez)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1126	03.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 40-6	<i>Pseudomonas cichorii</i>	1,852	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1080	11.06.2019
MH 11-2	<i>Pseudomonas congelans</i>	1,464	Ahi Evran Üniv. Kampüsü	Fiğ ( <i>Vicia spp.</i> )	1064	15.10.2019
MH 51-6	<i>Pseudomonas corrugata</i>	1,822	Akçakent (Mahsenli köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1268	15.06.2019
MH 8-1	<i>Pseudomonas extremorientalis</i>	2,058	Ahi Evran Üniv. Kampüsü	Kokulu yonca ( <i>M. officinalis</i> )	1064	15.10.2019
MH 12-4	<i>Pseudomonas jessenii</i>	2,072	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Bakla ( <i>Vicia faba</i> )	1052	23.10.2019
MH 25-11	<i>Pseudomonas umsongensis</i>	1,736	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019
MH 32-5	<i>Pseudomonas kilosensis</i>	1,754	Akpınar (Merkez)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1126	03.06.2019
MH 58-9	<i>Pseudomonas koreensis</i>	2,028	Boztepe (Külhüyük köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1150	15.06.2019
MH 52-6	<i>Pseudomonas lutea</i>	2,192	Akçakent (Mahsenli köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1268	15.06.2019
MH 27-9	<i>Pseudomonas poae</i>	1,639	Akpınar (Merkez)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1126	03.06.2019
MH 21-4	<i>Pseudomonas putida</i>	1,867	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	12.11.2019
MH 24-5	<i>Pseudomonas nitroreducens</i>	1,290	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1053	12.11.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

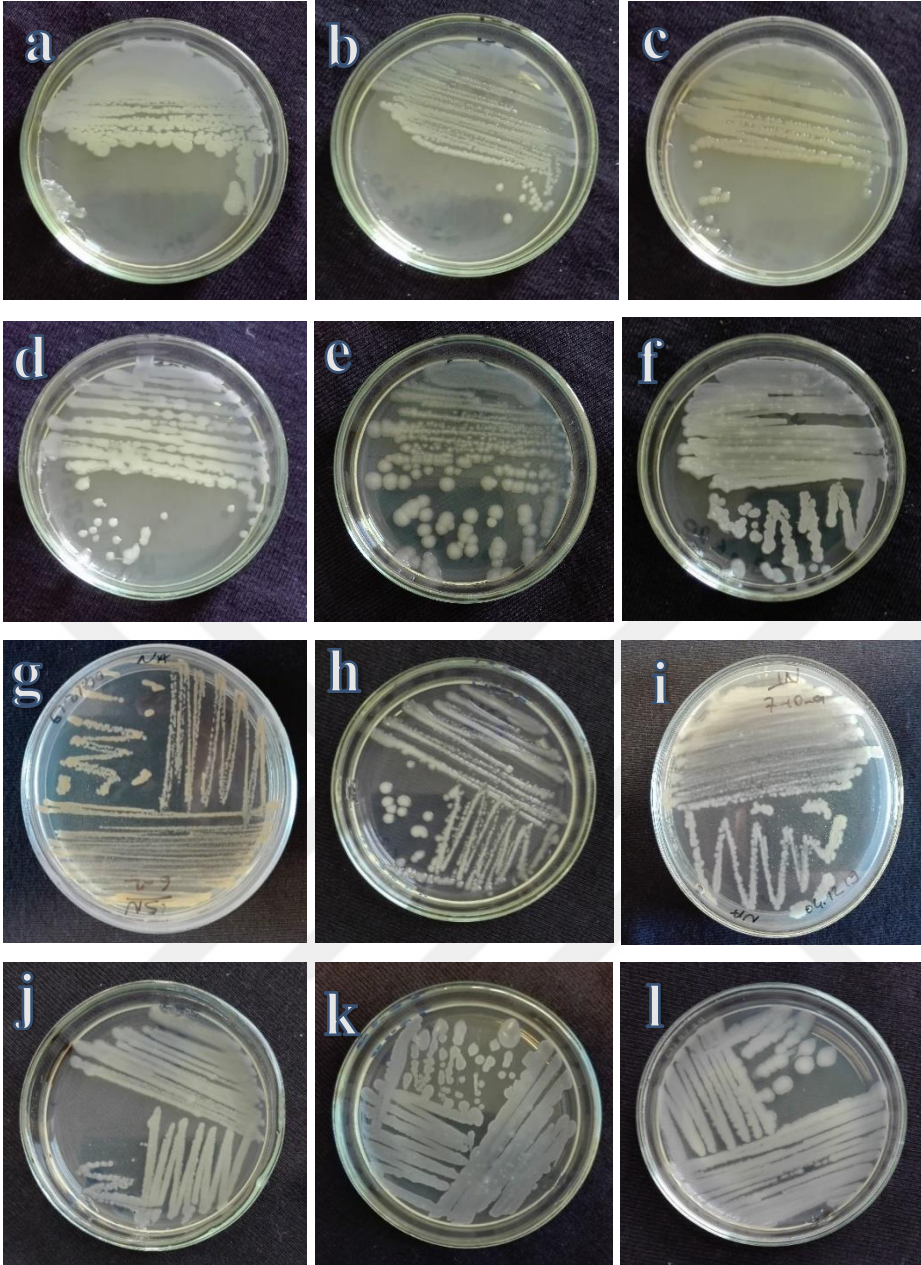
İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 47-6	<i>Pseudomonas resinovorans</i>	1,354	Kaman (İsahocalı köyü)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1280	13.06.2019
MH 23-5	<i>Pseudomonas syringae</i>	1,865	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Pırasa ( <i>A. ampeloprasum</i> )	1052	12.11.2019
MH 11-4	<i>Pseudomonas thivervalensis</i>	1,677	Ahi Evran Üniv. Kampüsü	Fiğ ( <i>Vicia spp.</i> )	1064	15.10.2019
MH 34-8	<i>Pseudarthrobacter oxydans</i>	2,086	Kaman (İsahocalı köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1280	05.06.2019
MH 49-4	<i>Pseudarthrobacter polychromogenes</i>	1,964	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	13.06.2019
MH 6-1	<i>Pseudarthrobacter sulfonivorans</i>	1,696	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1060	09.10.2019
MH 46-8	<i>Psychrobacillus psychrodurans</i>	1,972	Kaman (İsahocalı köyü)	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1280	13.06.2019
MH 44-7	<i>Ralstonia sp.</i>	1,388	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1080	11.06.2019
MH 15-1	<i>Ralstonia pickettii</i>	1,311	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	23.10.2019
MH 15-4	<i>Rhodococcus opacus</i>	1,777	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Lahana ( <i>B. oleracea</i> )	1052	23.10.2019
MH 24-1	<i>Sinomonas atrocyanea</i>	1,450	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Mercimek ( <i>L. culinaris</i> )	1053	12.11.2019
MH 19-2	<i>Sphingobacterium multivorum</i>	1,436	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1052	23.10.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 1-3	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	1,504	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1060	01.10.2019
MH 23-7	<i>Staphylococcus aureus</i>	1,480	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Pırasa ( <i>A. ampeloprasum</i> )	1052	12.11.2019
MH 63-4	<i>Staphylococcus capitis</i>	1,329	Çiçekdağı (İbikli köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1140	15.06.2019
MH 50-4	<i>Staphylococcus hominis</i>	1,446	Akçakent (Mahsenli köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1268	15.06.2019
MH 18-1	<i>Staphylococcus schleiferi</i>	1,404	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Altın çilek ( <i>P. peruviana</i> )	1052	23.10.2019
MH 36-7	<i>Staphylococcus sciuri</i>	1,334	Kaman (İsahocalı köyü)	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1280	05.06.2019
MH 21-1	<i>Staphylococcus warneri</i>	1,456	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Patlıcan ( <i>S. melongena</i> )	1052	12.11.2019
MH 44-3	<i>Stenotrophomonas sp.</i>	1,860	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1080	11.06.2019
MH 19-3	<i>Stenotrophomonas acidaminiphila</i>	1,564	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1052	23.10.2019
MH 23-6	<i>Stenotrophomonas nitritireducens</i>	1,532	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Pırasa ( <i>A. ampeloprasum</i> )	1052	12.11.2019
MH 44-5	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1,541	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1080	11.06.2019
MH 59-7	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	1,571	Boztepe (Külhüyük köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1150	15.06.2019

**Tablo 4.1.** Bitkilerin Toplandığı Lokasyon, Rakım, Tarih, Tür Adı, Skor, Konukçu Bitki ve İzolat No (Devamı)

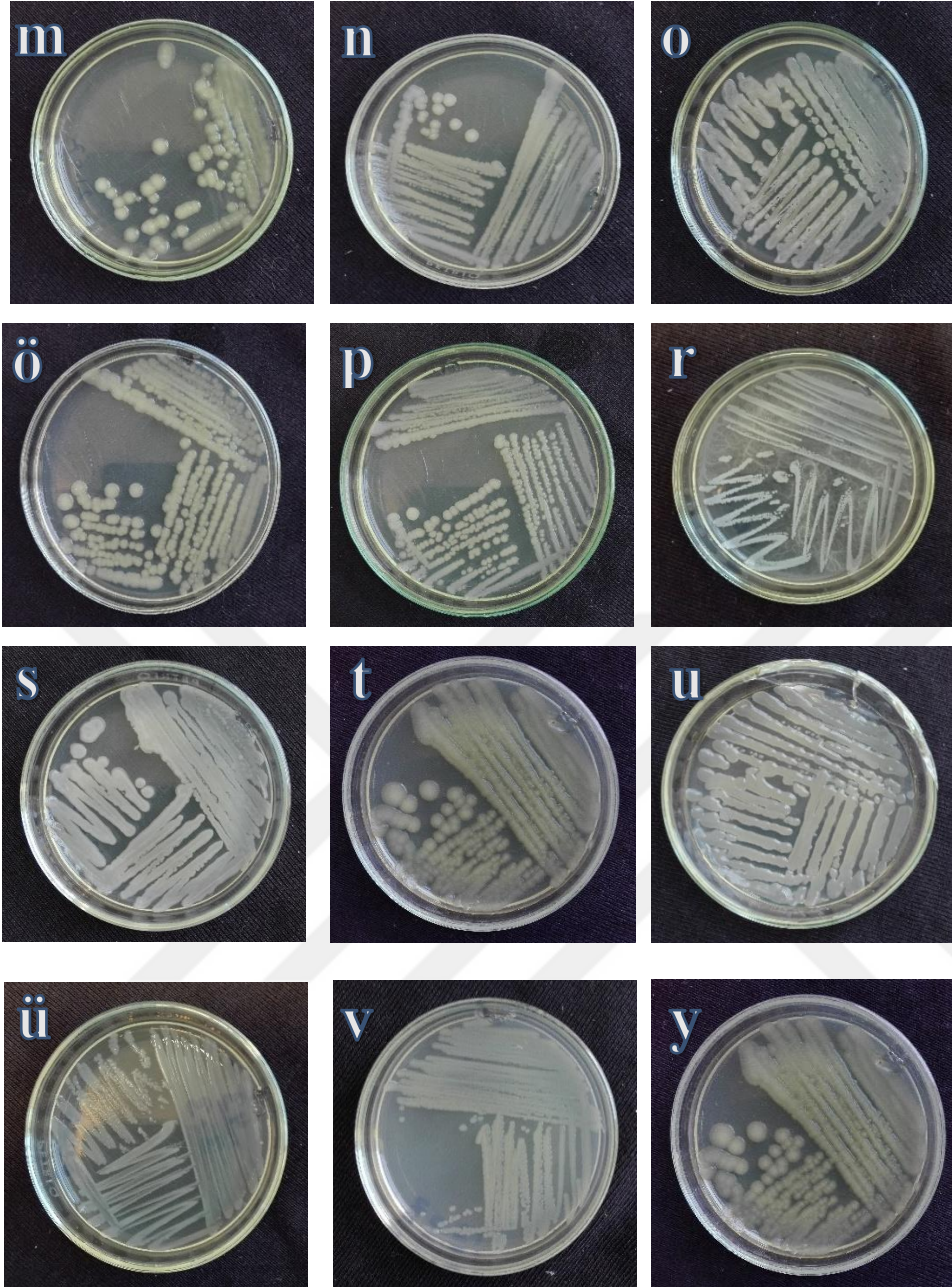
İzolat No	Tür adı	Skor	Bitkinin Toplandığı Lokasyon	Konukçu bitki	Rakım	Tarih
MH 26-15	<i>Streptomyces chartreusis</i>	1,626	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
MH 32-7	<i>Staphylococcus suis</i>	1,385	Akpınar (Merkez)	Yulaf ( <i>A. sativa</i> )	1126	03.06.2019
MH 14-3	<i>Streptomyces griseus</i>	1,647	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Bamya ( <i>A. esculentus</i> )	1052	23.10.2019
MH 5-5	<i>Streptomyces badius</i>	1,903	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1060	09.10.2019
MH 26-8	<i>Streptomyces phaeochromogenes</i>	1,203	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Aspir ( <i>C. tinctorius</i> )	1053	12.11.2019
MH 49-5	<i>Thauera mechernichensis</i>	1,376	Kaman (İsahocalı köyü)	Ayçiçek ( <i>H. annuus</i> )	1280	13.06.2019
MH 25-16	<i>Trichosporon mucoides</i>	1,740	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019
MH 38-2	<i>Xanthomonas arboricola</i>	1,354	Kaman (İsahocalı köyü)	Fasulye ( <i>P. vulgaris</i> )	1280	05.06.2019
MH 39-3	<i>Weeksella virosa</i>	1,394	Mucur (Yeşilyurt köyü)	Buğday ( <i>T. aestivum</i> )	1080	11.06.2019
MH 25-15	<i>Weissella viridescens</i>	1,220	Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Uygulama Alanı 1	Nohut ( <i>C. arietinum</i> )	1053	12.11.2019



**Şekil 4.1.** Toprak Numunelerinden Elde Edilen Saf İzolatlar

- |                                     |                                |                                   |                                   |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| a. <i>L. oris</i> (MH 6-4)          | b. <i>P. vulneris</i> (MH 8-6) | c. <i>A. encheleia</i> (MH 9-4)   | d. <i>B. pumilus</i> (MH 10-1)    |
| e. <i>P. sulfonivorans</i> (MH 6-1) | f. <i>S. griseus</i> (MH 14-4) | g. <i>L. fermentum</i> (MH 15-6)  | h. <i>B. megaterium</i> (MH 28-5) |
| i. <i>S. spiritivorum</i> (MH 1-3)  | j. <i>B. cereus</i> (MH 32-2)  | k. <i>B. mojavensis</i> (MH 43-4) | l. <i>B. muralis</i> (MH 56-8)    |

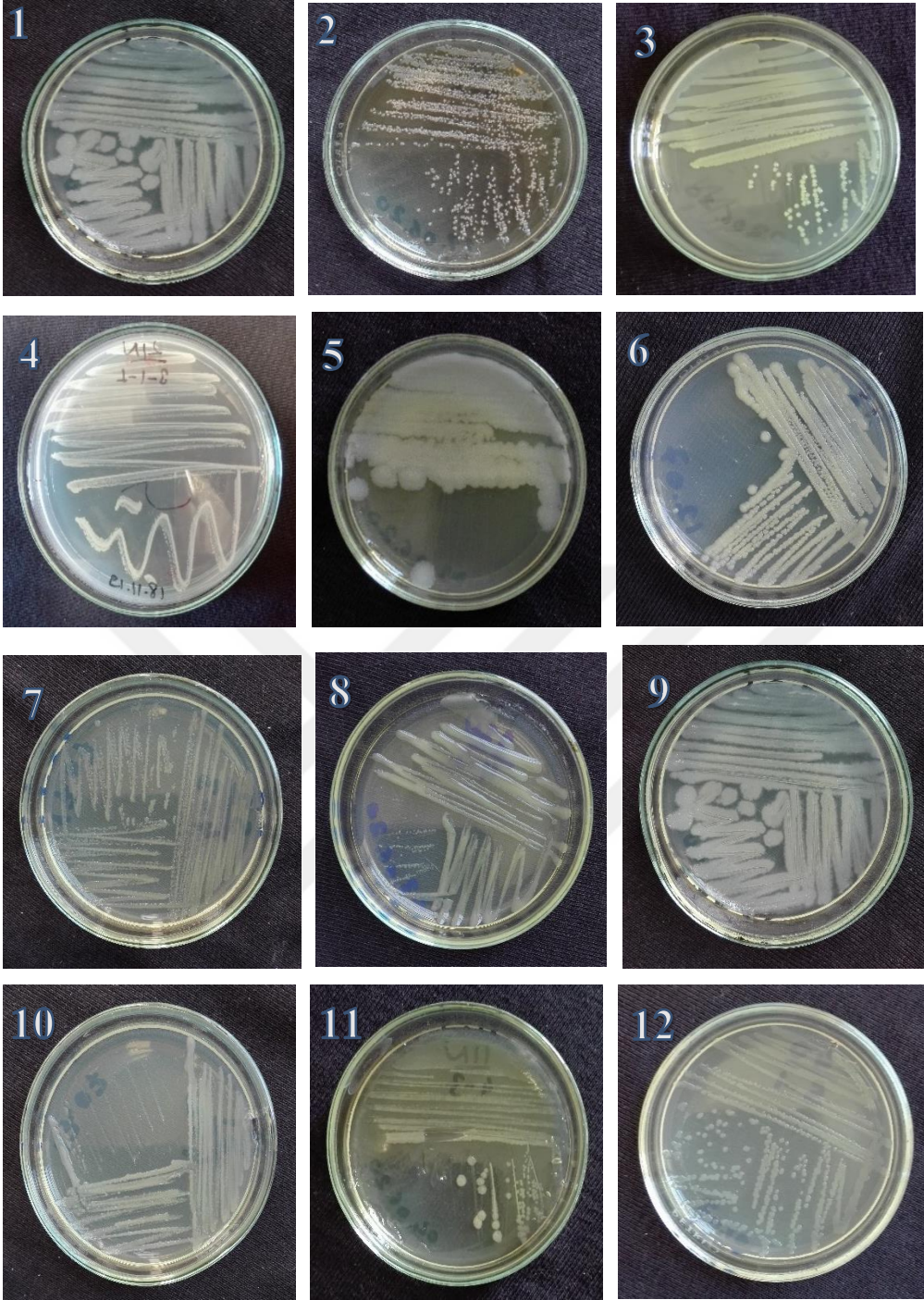




**Şekil 4.1.** Toprak Numunelerinden Elde Edilen Saf İzolatlar (Devamı)

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <b>m.</b> <i>P. extremorientalis</i> (MH 8-1) | <b>n.</b> <i>B. natatoria</i> (MH 63-7)     | <b>o.</b> <i>P. kilonensis</i> (MH 63-2) |
| <b>ö.</b> <i>B. simplex</i> (MH 64-2)         | <b>p.</b> <i>A. evansii</i> (MH 64-3)       | <b>r.</b> <i>B. mycoides</i> (MH 44-2)   |
| <b>s.</b> <i>B. pumilus</i> (MH-57-7)         | <b>t.</b> <i>B. simplex</i> (MH 34-5)       | <b>u.</b> <i>B. atrophaeus</i> (MH 28-1) |
| <b>ü.</b> <i>P. oxydans</i> (MH 34-8)         | <b>v.</b> <i>P. psychrodurans</i> (MH 46-8) | <b>y.</b> <i>E. cloacae</i> (MH 43-3)    |

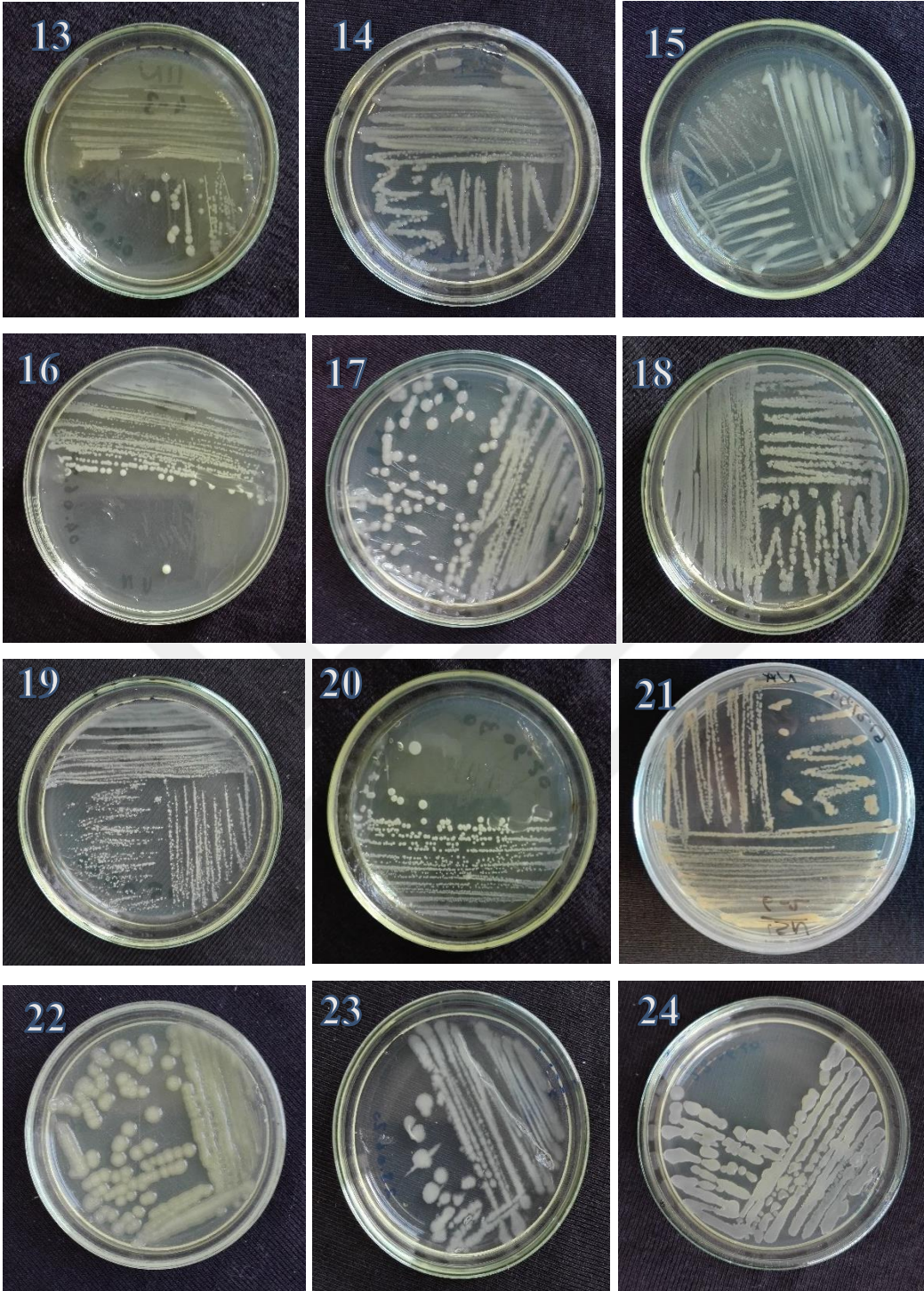




**Şekil 4.1.** Toprak Numunelerinden Elde Edilen Saf İzolatlar (Devamı)

1. *T. mucoides* (MH 25-16) 2. *S. chartreusis* (MH 26-15) 3. *S. acidaminiphila* (MH 19-3) 4. *S. warneri* (MH 21-1)  
5. *S. schleiferi* (MH 8-1) 6. *P. resinovorans* (MH 47-6) 7. *P. lutea* (MH 52-6) 8. *P. kilosensis* (MH 32-5)  
9. *P. umsongensis* (MH 25-11) 10. *P. corrugata* (MH 51-6) 11. *P. congelans* (MH 11-2) 12. *P. cichorii* (MH 40-6)





**Şekil 4.1.** Toprak Numunelerinden Elde Edilen Saf İzolatlar (Devamı)

13. *P. agarici* (MH 11-5)    14. *P. breneri* (MH 27-1)    15. *P. terricola* (MH 36-8)    16. *P. sordellii* (MH 13-6)  
17. *P. polymyxa* (MH 26-6)    18. *P. illinoisensis* (MH 13-5)    19. *P. kobensis* (MH 12-6)    20. *P. aurescens* (MH 21-2)  
21. *L. sakei* (MH 15-5)    22. *L. paraplantarum* (MH 62-1)    23. *F. hydatis* (MH 30-1)    24. *C. respiraculi* (MH 29-1)

## 4.2. İzolatların Tanısı ve Karakterizasyonu

### 4.2.1. İzolatların Morfolojik Test Sonuçları

Elde edilen izolatların koloni renkleri, koloni şekilleri, koloni kenar şekli, koloni viskozitesi, hareketlilik ve Gram boyama testleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir. İzolatların 76 tanesinin Gram (+), 66 tanesinin Gram (-) olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2). İzolatlarımızın yaklaşık %53’ü Gram (+) bakterilerden oluşmaktadır. Koloni kenar şekli bakımından; 16 tanesinin dalgalı, 84 tanesinin düzgün, 19 tanesinin tüylü, 11 tanesinin tırtıklı, 3 tanesinin loblu, 3 tanesinin ipliksi olduğu tespit edilmiştir. Koloni rengi bakımından ise; 75 tanesinin krem, 21 tanesinin sarı, 36 tanesinin açık sarı, 5 tanesinin turuncu, 2 tanesinin beyaz renkte olduğu belirlenmiştir. Koloni viskozitesi bakımından; 9 tanesinin viskoz yapıda olduğu gözlenmiştir. Koloni saydamlığı bakımından incelendiğinde; 45 tanesinin homojen, 96 tanesinin heterojen ve 1 tanesinin miselsi yapıda olduğu ayrıca hareket testinde ise 74 tanesi hareketli, 68 tanesinin hareketsiz olduğu görülmüştür (Tablo 4.2, Şekil 3.8).

**Tablo 4.2.** İzolatların Morfolojik Özellikleri

İzolat Numarası	Koloni Şekli	Koloni Rengi	Koloni Saydamlığı (Homojen/Heterojen)	Koloni Viskosite	Koloni kenar şekli	Hareket Testi	Gram Boyama
MH 62-6	Kokobasil	Sarı	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 51-8	Kokobasil	Krem	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 39-6	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	-	+
MH 9-6	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 26-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü		+
MH 64-1	Basil	Sarı	Heterojen	+	Düzgün	+	+
MH 60-3	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 60-1	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 64-4	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	
MH 46-6	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 57-4	Basil	Sarı	Heterojen	-	Tırtıklı	-	+
MH 24-17	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 34-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Loblu	+	+
MH 28-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Loblu	+	+
MH 31-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 54-6	Basil	Krem	Homojen	-	Tüylü	+	+
MH 40-7	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	+	+
MH 22-2	Basil	Sarı	Heterojen	-	Dalgalı	+	+
MH 14-2	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 33-9	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 33-7	Basil	Sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 50-6	Basil	Krem	Homojen	-	Tırtıklı	+	+
MH 44-2	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	+	+

**Tablo 4.2.** İzolatların Morfolojik Özellikleri (Devamı)

<b>İzolat Numarası</b>	<b>Koloni Şekli</b>	<b>Koloni Rengi</b>	<b>Koloni Saydamlığı (Homojen/Heterojen)</b>	<b>Koloni Viskosite</b>	<b>Koloni kenar şekli</b>	<b>Hareket Testi</b>	<b>Gram Boyama</b>
MH 35-9	Basil	Krem	Heterojen	-	İpliksi	+	+
MH 35-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	+	+
MH 57-7	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 44-1	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	+	+
MH 41-1	Basil	Krem	Heterojen	-	İpliksi	+	+
MH 39-7	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	+
MH 61-4	Basil	Krem	Miselsi	-	Miselsi	-	-
MH 38-4	Basil	Krem	Heterojen	-	Parçalı	+	-
MH 38-6	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 63-7	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	-
MH 50-2	Basil	Krem	Homojen	-	Dalgalı	-	+
MH 50-3	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 54-2	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	+	+
MH 25-2	Maya	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	-
MH 26-9	Maya	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	-
MH 38-8	Basil	Sarı	Homojen	+	Düzgün	-	-
MH 56-2	Maya	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	-
MH 31-7	Basil	Sarı	Homojen	-	Düzgün	-	-
MH 38-1	Basil	Sarı	Homojen	-	Düzgün	-	-
MH 48-6	Basil	Sarı	Heterojen	+	Düzgün	-	-
MH 25-13	Basil	Sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 62-3	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Dalgalı	-	+
MH 64-5	Basil	Açık sarı	Homojen	+	Düzgün	+	-
MH 26-2	Maya	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	-
MH 29-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Tırtıklı	+	-
MH 27-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 43-3	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	-	-
MH 32-8	Basil	Turuncu	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 30-1	Basil	Beyaz	Homojen	-	Tırtıklı	-	-
MH 19-1	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Parçalı	+	-
MH 21-5	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 55-7	Basil	Sarı	Homojen	-	Düzgün	+	+
MH 34-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 62-2	Kokobasil	Açık sarı	Heterojen	+	Düzgün	-	-
MH 6-7	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 63-5	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 56-6	Basil	Sarı	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 15-6	Basil	Sarı	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 25-9	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	+

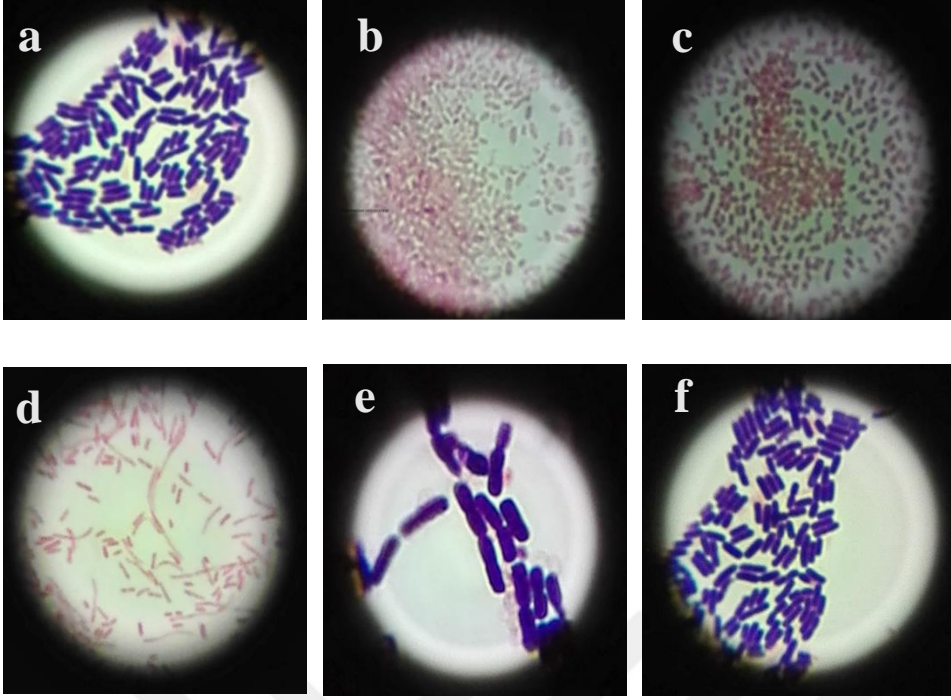
**Tablo 4.2.** İzolatların Morfolojik Özellikleri (Devamı)

<b>İzolat Numarası</b>	<b>Koloni Şekli</b>	<b>Koloni Rengi</b>	<b>Koloni Saydamlığı (Homojen/Heterojen)</b>	<b>Koloni Viskosite</b>	<b>Koloni kenar şekli</b>	<b>Hareket Testi</b>	<b>Gram Boyama</b>
MH 57-1	Basil	Krem	Homojen	-	Tırtıklı	-	+
MH 35-5	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 6-4	Basil	Krem	Homojen	-	Dalgalı	-	+
MH 17-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	+
MH 62-1	Basil	Açık sarı	Heterojen	+	Düzgün	-	+
MH 37-5	Basil	Krem	Homojen	-	Tırtıklı	-	+
MH 15-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 6-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 61-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	+	+
MH 63-1	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 63-6	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 23-4	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 46-9	Basil	Krem	Homojen	-	Tırtıklı	+	-
MH 24-15	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 21-2	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 12-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Parçalı	-	+
MH 37-3	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 12-6	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 13-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 52-5	Basil	Beyaz	Heterojen	-	Dalgalı	-	+
MH 26-6	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 13-6	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Tırtıklı	+	+
MH 58-6	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Tırtıklı	-	+
MH 53-2	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 36-8	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	-	-
MH 60-6	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	+	+
MH 8-6	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 20-4	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 11-5	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 28-8	Basil	Turuncu	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 31-2	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 27-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 63-3	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 29-6	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 40-6	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 11-2	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 51-6	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 8-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 12-4	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 25-11	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 32-5	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-

**Tablo 4.2.** İzolatların Morfolojik Özellikleri (Devamı)

İzolat Numarası	Koloni Şekli	Koloni Rengi	Koloni Saydamlığı (Homojen/Heterojen)	Koloni Viskosite	Koloni kenar şekli	Hareket Testi	Gram Boyama
MH 58-9	Basil	Açık sarı	Homojen	+	Düzgün	+	-
MH 52-6	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 27-9	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	+	-
MH 21-4	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 24-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 47-6	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 23-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 11-4	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 34-8	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	+	+
MH 49-4	Basil	Beyaz	Homojen	+	Düzgün	+	+
MH 6-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 46-8	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 44-7	Basil	Sarı	Homojen	+	Düzgün	+	-
MH 15-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Parçalı	+	-
MH 15-4	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 24-1	Basil	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	+
MH 19-2	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Parçalı	-	-
MH 1-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	-
MH 23-7	Kok	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	-	+
MH 63-4	Kok	Krem	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 50-4	Kok	Açık sarı	Homojen	-	Tırtıklı	-	+
MH 18-1	Kok	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	+
MH 36-7	Kok	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 21-1	Kok	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	-	+
MH 44-3	Basil	Krem	Heterojen	-	Dalgalı	+	-
MH 19-3	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 23-6	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	+	-
MH 44-5	Basil	Açık sarı	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 59-7	Basil	Krem	Homojen	-	Düzgün	+	-
MH 26-15	Basil	Turuncu	Heterojen	-	Tüylü	-	+
MH 32-7	Kok	Açık sarı	Heterojen	-	Tırtıklı	-	+
MH 14-3	Basil	Krem	Heterojen	-	İpliksi	-	+
MH 5-5	Basil	Turuncu	Heterojen	-	Tüylü	-	+
MH 26-8	Basil	Turuncu	Heterojen	-	Tüylü	+	+
MH 49-5	Basil	Krem	Heterojen	-	Düzgün	-	-
MH 25-16	Maya	Krem	Heterojen	-	Tüylü	-	-
MH 38-2	Basil	Krem	Homojen	-	Tüylü	-	-
MH 39-3	Basil	Açık sarı	Heterojen	-	Düzgün	-	-
MH 25-15	Basil	Krem	Heterojen	-	Tırtıklı	-	+





**Şekil 4.2** İzole Edilen Bakterilerin Gram Boyama Görüntüleri (100x)

- a. *B. mojavensis* (MH 43-4)      b. *P. agglomerans* (MH 53-2)      c. *B. agrestis* (MH 19-5)  
d. *P. caricapapayae* (MH 25-5)      e. *B. weihenstephanensis* (MH 35-7)      f. *B. pumilus* (MH 57-7)

#### 4.2.2. İzolatların Biyokimyasal Test Sonuçları

Elde edilen izolatların katalaz, oksidaz ve KOH test sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir. İzole edilen bakterilerin 7 tanesinin (%5) katalaz negatif ve 135 tanesinin (%95) ise hidrojen peroksiti serbest oksijene ayrıştırarak gaz kabarcıkları oluşturup pozitif sonuç verdiği gözlenmiştir. Oksidaz testinde 72 izolat (%51) p-amino dimetilanilin ayırıcını oksidaz enzim varlığında okside ederek mor-mavi renk oluşturup pozitif sonuç verirken 70 izolatın (%49) negatif sonuç verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen izolatların; 48 tanesinin (%34) KOH (+), 94 tanesinin (%66) KOH (-) olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3.** İzolatların Biyokimyasal Testleri

İzolat Numarası	Katalaz	Oksidaz	KOH
MH 62-6	+	-	+
MH 51-8	+	-	-
MH 39-6	+	+	-
MH 9-6	-	+	+
MH 26-3	+	-	-
MH 64-1	+	+	+
MH 60-3	+	+	-
MH 60-1	+	+	-
MH 64-4	+	+	-
MH 46-6	+	+	-
MH 57-4	+	-	-
MH 24-17	+	-	-
MH 34-5	+	-	-
MH 28-1	+	+	-
MH 31-3	+	+	-
MH 54-6	+	-	-
MH 40-7	+	-	-
MH 22-2	+	+	-
MH 14-2	+	+	-
MH 33-9	+	-	-
MH 33-7	+	+	-
MH 50-6	+	+	-
MH 44-2	+	-	-
MH 35-9	+	+	-
MH 35-1	+	+	-
MH 57-7	+	+	-
MH 44-1	+	-	-
MH 41-1	+	+	-
MH 39-7	+	-	-
MH 61-4	+	+	-
MH 38-4	+	-	+
MH 38-6	+	-	-
MH 63-7	+	+	-
MH 50-2	+	+	+
MH 50-3	+	+	-
MH 54-2	+	-	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretemediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.3.** İzolatların Biyokimyasal Testleri (Devamı)

İzolat Numarası	Katalaz	Oksidaz	KOH
MH 25-2	+	-	-
MH 26-9	+	-	-
MH 38-8	+	+	+
MH 56-2	+	+	-
MH 31-7	+	+	+
MH 38-1	+	+	+
MH 48-6	+	+	+
MH 25-13	+	-	+
MH 62-3	+	-	+
MH 64-5	+	+	+
MH 26-2	+	-	-
MH 29-1	+	+	+
MH 27-5	+	-	+
MH 43-3	+	-	+
MH 32-8	+	-	-
MH 30-1	+	-	-
MH 19-1	+	-	+
MH 21-5	+	+	+
MH 55-7	+	-	-
MH 34-3	+	-	-
MH 62-2	+	+	-
MH 6-7	+	-	-
MH 63-5	+	-	-
MH 56-6	+	+	+
MH 15-6	+	+	+
MH 25-9	-	-	-
MH 57-1	+	+	-
MH 35-5	+	+	+
MH 6-4	+	+	-
MH 17-3	+	-	-
MH 62-1	+	+	-
MH 37-5	-	+	-
MH 15-5	+	+	-
MH 6-5	+	+	-
MH 61-3	-	-	-
MH 63-1	+	-	-
MH 63-6	+	+	-
MH 23-4	+	+	-
MH 46-9	+	-	-
MH 24-15	+	-	-
MH 21-2	+	-	-
MH 12-5	+	-	-
MH 37-3	+	+	-
MH 12-6	+	-	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretemediklerini ifade etmektedir.



**Tablo 4.3.** İzolatların Biyokimyasal Testleri (Devamı)

İzolat Numarası	Katalaz	Oksidaz	KOH
MH 13-5	+	+	+
MH 52-5	+	-	+
MH 26-6	+	-	-
MH 13-6	+	+	-
MH 58-6	+	-	-
MH 53-2	+	-	+
MH 36-8	+	+	+
MH 60-6	+	+	-
MH 8-6	-	+	+
MH 20-4	+	-	-
MH 11-5	+	-	+
MH 28-8	+	-	-
MH 31-2	+	-	+
MH 27-1	+	-	+
MH 63-3	+	-	+
MH 29-6	+	+	+
MH 40-6	+	+	-
MH 11-2	+	-	-
MH 51-6	+	-	+
MH 8-1	+	+	+
MH 12-4	+	+	+
MH 25-11	+	+	+
MH 32-5	+	-	+
MH 58-9	+	+	+
MH 52-6	-	+	+
MH 27-9	+	-	-
MH 21-4	+	+	+
MH 24-5	+	+	-
MH 47-6	+	+	-
MH 23-5	+	+	-
MH 11-4	+	+	+
MH 34-8	+	-	-
MH 49-4	+	-	-
MH 6-1	+	-	-
MH 46-8	+	-	-
MH 44-7	+	+	+
MH 15-1	+	+	-
MH 15-4	+	-	+
MH 24-1	+	-	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretemediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.3.** İzolatların Biyokimyasal Testleri (Devamı)

İzolat Numarası	Katalaz	Oksidaz	KOH
MH 19-2	+	+	+
MH 1-3	+	+	-
MH 23-7	+	+	-
MH 63-4	+	-	-
MH 50-4	-	+	+
MH 18-1	+	+	-
MH 36-7	+	+	+
MH 21-1	+	-	-
MH 44-3	+	+	-
MH 19-3	+	-	+
MH 23-6	+	-	+
MH 44-5	+	+	+
MH 59-7	+	+	+
MH 26-15	+	-	-
MH 32-7	+	+	-
MH 14-3	+	-	-
MH 5-5	+	-	-
MH 26-8	+	-	-
MH 49-5	+	-	-
MH 25-16	+	-	-
MH 38-2	+	+	-
MH 39-3	+	-	-
MH 25-15	+	-	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretemediklerini ifade etmektedir.

### 4.3. İzolatların MALDI-TOF MS (Matriks Assisted Lazer Desorption İonization Time of Flight Mass Spectrometry) Test Sonuçları

Çalışmamızda elde edilen izolatlardan 56 cinse ait 142 farklı tür teşhis edilmiştir. Elde edilen cins ve türler Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de gösterilmiştir (Şekil 4.2, Şekil 4.3).

**Tablo 4.4.** İzolatların MALDI-TOF MS Test Sonuçları

İzolat No	Tür Adı	Skor	İzolat No	Tür Adı	Skor
MH 62-6	<i>Acinetobacter baumannii</i>	1,519	MH 44-2	<i>Bacillus mycooides</i>	1,879
MH 51-8	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	1,888	MH 35-9	<i>Lactobacillus oligofermentas</i>	1,310
MH 39-6	<i>Actinomyces viscosus</i>	1,464	MH 35-1	<i>Bacillus pseudomycooides</i>	1,759
MH 9-6	<i>Aeromonas encheleia</i>	1,972	MH 57-7	<i>Bacillus pumilus</i>	2,116
MH 26-3	<i>Agromyces cerinus</i>	1,329	MH 44-1	<i>Bacillus subtilis</i>	2,241
MH 64-1	<i>Alcaligenes faecalis</i>	1,330	MH 41-1	<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	2,080
MH 60-3	<i>Aromatoleum evansii</i>	1,537	MH 39-7	<i>Bacillus thuringiensis</i>	1,626
MH 60-1	<i>Arthrobacter crystallopoietes</i>	1,404	MH 61-4	<i>Burkholderia cepacia</i>	1,413
MH 64-4	<i>Arthrobacter parietis</i>	1,391	MH 38-4	<i>Buttiauxella agrestis</i>	2,098
MH 46-6	<i>Arthrobacter russicus</i>	1,338	MH 38-6	<i>Buttiauxella izardii</i>	1,775
MH 57-4	<i>Arthrobacter woluwensis</i>	1,484	MH 63-7	<i>Blastomonas natatoria</i>	1,564
MH 24-17	<i>Azoarcus indigens</i>	1,506	MH 50-2	<i>Brevibacillus brevis</i>	1,663
MH 34-5	<i>Bacillus simplex</i>	1,782	MH 50-3	<i>Brevibacillus parabrevis</i>	1,684
MH 28-1	<i>Bacillus atrophaeus</i>	2,188	MH 54-2	<i>Bifidobacterium longum</i>	1,294
MH 31-3	<i>Bacillus cereus</i>	1,984	MH 25-2	<i>Candida kefyr</i>	1,388
MH 54-6	<i>Bacillus endophyticus</i>	1,598	MH 26-9	<i>Candida krusei</i>	1,397
MH 40-7	<i>Bacillus simplex</i>	1,986	MH 38-8	<i>Chryseobacterium elymi</i>	1,76
MH 22-2	<i>Bacillus jeotgali</i>	1,303	MH 56-2	<i>Candida guilliermondii</i>	1,309
MH 14-2	<i>Bacillus licheniformis</i>	1,770	MH 31-7	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	1,696
MH 33-9	<i>Bacillus megaterium</i>	1,736	MH 38-1	<i>Chryseobacterium joostei</i>	1,914
MH 33-7	<i>Bacillus muralis</i>	1,799	MH 48-6	<i>Chryseobacterium lathyri</i>	1,915
MH 50-6	<i>Bacillus mojavensis</i>	2,052	MH 25-13	<i>Citrobacter freundii</i>	1,463

**Tablo 4.4.** İzolatların MALDI-TOF MS Test Sonuçları (Devamı)

İzolat No	Tür Adı	Skor	İzolat No	Tür Adı	Skor
MH 62-3	<i>Corynebacterium flavescens</i>	1,326	MH 62-1	<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	1,518
MH 64-5	<i>Comamonas aquatica</i>	1,306	MH 37-5	<i>Lactobacillus plantarum</i>	1,531
MH 26-2	<i>Cryptococcus neoformans</i>	1,297	MH 15-5	<i>Lactobacillus sakei</i>	1,430
MH 29-1	<i>Cupriavidus respiraculi</i>	1,703	MH 6-5	<i>Lactobacillus suebicus</i>	1,392
MH 27-5	<i>Dolosigranulum pigrum</i>	1,349	MH 61-3	<i>Listeria grayi</i>	1,372
MH 43-3	<i>Enterobacter cloacae</i>	2,36	MH 63-1	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	1,882
MH 32-8	<i>Exiguobacterium sp.</i>	1,722	MH 63-6	<i>Lysinibacillus xylanilyticus</i>	1,889
MH 30-1	<i>Flavobacterium hydatis</i>	1,482	MH 23-4	<i>Methylobacterium organophilum</i>	1,416
MH 19-1	<i>Flavobacterium banpakuense</i>	1,955	MH 46-9	<i>Methylobacterium rhodesianum</i>	1,429
MH 21-5	<i>Flavobacterium nitrogenifigens</i>	1,705	MH 24-15	<i>Microbacterium saperdae</i>	1,405
MH 55-7	<i>Glutamicibacter arilaitensis</i>	2,309	MH 21-2	<i>Paenarthrobacter aurescens</i>	2,161
MH 34-3	<i>Hafnia alvei</i>	1,478	MH 12-5	<i>Paenibacillus amylolyticus</i>	1,873
MH 62-2	<i>Haemophilus influenzae</i>	1,621	MH 37-3	<i>Paenibacillus apiarius</i>	1,624
MH 6-7	<i>Lactobacillus amylophilus</i>	1,403	MH 12-6	<i>Paenibacillus kobensis</i>	1,407
MH 63-5	<i>Lactobacillus coryniformis</i>	1,214	MH 13-5	<i>Paenibacillus illinoisensis</i>	1,755
MH 56-6	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	1,354	MH 52-5	<i>Paenibacillus pabuli</i>	1,530
MH 15-6	<i>Lactobacillus fermentum</i>	1,350	MH 26-6	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	1,915
MH 25-9	<i>Lactobacillus gasseri</i>	1,288	MH 13-6	<i>Paeniclostridium sordellii</i>	1,430
MH 57-1	<i>Lactobacillus ingluviei</i>	1,376	MH 58-6	<i>Paenarthrobacter histidinolovarans</i>	1,336
MH 35-5	<i>Lactobacillus kefir</i>	1,359	MH 53-2	<i>Pantoea agglomerans</i>	2,257
MH 6-4	<i>Lactobacillus oris</i>	1,42	MH 36-8	<i>Paraburkholderia terricola</i>	2,138
MH 17-3	<i>Lactobacillus paracasei</i>	1,396	MH 60-6	<i>Paracoccus denitrificans</i>	1,301

**Tablo 4.4.** İzolatların MALDI-TOF MS Test Sonuçları (Devamı)

İzolat No	Tür Adı	Skor	İzolat No	Tür Adı	Skor
MH 8-6	<i>Pseudodescherichia vulneris</i>	1,657	MH 34-8	<i>Pseudarthrobacter oxydans</i>	2,086
MH 20-4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,388	MH 49-4	<i>Pseudarthrobacter polychromogenes</i>	1,964
MH 11-5	<i>Pseudomonas agarici</i>	1,601	MH 6-1	<i>Pseudarthrobacter sulfonivorans</i>	1,696
MH 28-8	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i>	1,497	MH 46-8	<i>Psychrobacillus psychrodurans</i>	1,972
MH 31-2	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	2,107	MH 44-7	<i>Ralstonia sp.</i>	1,388
MH 27-1	<i>Pseudomonas brenneri</i>	1,706	MH 15-1	<i>Ralstonia pickettii</i>	1,311
MH 63-3	<i>Pseudomonas caricapapayae</i>	1,657	MH 15-4	<i>Rhodococcus opacus</i>	1,777
MH 29-6	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	2,003	MH 24-1	<i>Sinomonas atrocyanea</i>	1,450
MH 40-6	<i>Pseudomonas cichorii</i>	1,852	MH 19-2	<i>Sphingobacterium multivorum</i>	1,436
MH 11-2	<i>Pseudomonas congelans</i>	1,464	MH 1-3	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	1,504
MH 51-6	<i>Pseudomonas corrugata</i>	1,822	MH 23-7	<i>Staphylococcus aureus</i>	1,480
MH 8-1	<i>Pseudomonas extremorientalis</i>	2,058	MH 63-4	<i>Staphylococcus capitis</i>	1,329
MH 12-4	<i>Pseudomonas jessenii</i>	2,072	MH 50-4	<i>Staphylococcus hominis</i>	1,446
MH 25-11	<i>Pseudomonas umsongensis</i>	1,736	MH 18-1	<i>Staphylococcus schleiferi</i>	1,404
MH 32-5	<i>Pseudomonas kilosensis</i>	1,754	MH 36-7	<i>Staphylococcus sciuri</i>	1,334
MH 58-9	<i>Pseudomonas koreensis</i>	2,028	MH 21-1	<i>Staphylococcus warneri</i>	1,456
MH 52-6	<i>Pseudomonas lutea</i>	2,192	MH 44-3	<i>Stenotrophomonas sp.</i>	1,860
MH 27-9	<i>Pseudomonas poae</i>	1,639	MH 19-3	<i>Stenotrophomonas acidaminiphila</i>	1,564
MH 21-4	<i>Pseudomonas putida</i>	1,867	MH 23-6	<i>Stenotrophomonas nitritireducens</i>	1,532
MH 24-5	<i>Pseudomonas nitroreducens</i>	1,290	MH 44-5	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1,541
MH 47-6	<i>Pseudomonas resinovorans</i>	1,354	MH 59-7	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	1,571
MH 23-5	<i>Pseudomonas syringae</i>	1,865	MH 26-15	<i>Streptomyces chartreusis</i>	1,626
MH 11-4	<i>Pseudomonas thivervalensis</i>	1,677	MH 32-7	<i>Staphylococcus suis</i>	1,385
MH 14-3	<i>Streptomyces griseus</i>	1,647	MH 25-16	<i>Trichosporon mucoides</i>	1,740
MH 5-5	<i>Streptomyces badius</i>	1,903	MH 38-2	<i>Xanthomonas arboricola</i>	1,354
MH 26-8	<i>Streptomyces phaeochromogenes</i>	1,203	MH 39-3	<i>Weeksella virosa</i>	1,394
MH 49-5	<i>Thauera mechernichensis</i>	1,376	MH 25-15	<i>Weissella viridescens</i>	1,220

**Tablo 4.5.** İzolatların Cins, Tür Adı ve Sayıları

Cins Adı	Tür Adı	Tür Sayısı
<i>Acinetobacter</i>	<i>Acinetobacter baumannii</i>	2
	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	
<i>Actinomyces</i>	<i>Actinomyces viscosus</i>	1
<i>Aeromonas</i>	<i>Aeromonas encheleia</i>	1
<i>Agromyces</i>	<i>Agromyces cerinus</i>	1
<i>Alcaligenes</i>	<i>Alcaligenes faecalis</i>	1
<i>Aromatoleum</i>	<i>Aromatoleum evansii</i>	1
<i>Arthrobacter</i>	<i>Arthrobacter crystallopoietes</i>	4
	<i>Arthrobacter parietis</i>	
	<i>Arthrobacter ruscicus</i>	
	<i>Arthrobacter woluwensis</i>	
<i>Azoarcus</i>	<i>Azoarcus indigens</i>	1
<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus simplex</i>	16
	<i>Bacillus atropheus</i>	
	<i>Bacillus cereus</i>	
	<i>Bacillus endophyticus</i>	
	<i>Bacillus simplex</i>	
	<i>Bacillus jeotgali</i>	
	<i>Bacillus licheniformis</i>	
	<i>Bacillus megaterium</i>	
	<i>Bacillus muralis</i>	
	<i>Bacillus mojavensis</i>	
	<i>Bacillus mycoides</i>	
	<i>Bacillus pseudomycooides</i>	
	<i>Bacillus pumilus</i>	
	<i>Bacillus subtilis</i>	
<i>Bacillus weihenstephanensis</i>		
<i>Bacillus thuringiensis</i>		
<i>Burkholderia</i>	<i>Burkholderia cepacia</i>	1
<i>Buttiauxella</i>	<i>Buttiauxella agrestis</i>	2
	<i>Buttiauxella izardii</i>	
<i>Blastomonas</i>	<i>Blastomonas natatoria</i>	1
<i>Brevibacillus</i>	<i>Brevibacillus brevis</i>	2
	<i>Brevibacillus parabrevis</i>	
<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium longum</i>	1
<i>Candida</i>	<i>Candida kefir</i>	3
	<i>Candida krusei</i>	
	<i>Candida guilliermondii</i>	
<i>Chryseobacterium</i>	<i>Chryseobacterium elymi</i>	4
	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	
	<i>Chryseobacterium jooste</i>	
	<i>Chryseobacterium lathyri</i>	
<i>Citrobacter</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	1
<i>Corynebacterium</i>	<i>Corynebacterium flavescens</i>	1
<i>Comamonas</i>	<i>Comamonas aquatica</i>	1
<i>Cryptococcus</i>	<i>Cryptococcus neoformans</i>	1

**Tablo 4.5.** İzolatların Cins, Tür Adı ve Sayıları (Devamı)

Cins Adı	Tür Adı	Tür Sayısı
<i>Cupriavidus</i>	<i>Cupriavidus respiraculi</i>	1
<i>Dolosigranulum</i>	<i>Dolosigranulum pigrum</i>	1
<i>Enterobacter</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	1
<i>Exiguobacterium</i>	<i>Exiguobacterium sp.</i>	1
<i>Flavobacterium</i>	<i>Flavobacterium hydatis</i>	3
	<i>Flavobacterium banpakuense</i>	
	<i>Flavobacterium nitrogenifigens</i>	
<i>Glutamicibacter</i>	<i>Glutamicibacter arilaitensis</i>	1
<i>Hafnia</i>	<i>Hafnia alvei</i>	1
<i>Haemophilus</i>	<i>Haemophilus influenzae</i>	1
<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus amylophilus</i>	14
	<i>Lactobacillus coryniformis</i>	
	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	
	<i>Lactobacillus fermentum</i>	
	<i>Lactobacillus gasseri</i>	
	<i>Lactobacillus ingluviei</i>	
	<i>Lactobacillus kefir</i>	
	<i>Lactobacillus oris</i>	
	<i>Lactobacillus paracasei</i>	
	<i>Lactobacillus paraplantarum</i>	
	<i>Lactobacillus plantarum</i>	
	<i>Lactobacillus sakei</i>	
	<i>Lactobacillus suebicus</i>	
	<i>Lactobacillus oligofermentas</i>	
<i>Listeria</i>	<i>Listeria grayi</i>	1
<i>Lysinibacillus</i>	<i>Lysinibacillus pakistanensis</i>	2
	<i>Lysinibacillus xylanilyticus</i>	
<i>Methylobacterium</i>	<i>Methylobacterium organophilum</i>	2
	<i>Methylobacterium rhodesianum</i>	
<i>Microbacterium</i>	<i>Microbacterium saperdae</i>	1
<i>Paenarthrobacter</i>	<i>Paenarthrobacter aurescens</i>	1
<i>Paenibacillus</i>	<i>Paenibacillus amylolyticus</i>	6
	<i>Paenibacillus apiarius</i>	
	<i>Paenibacillus kobensis</i>	
	<i>Paenibacillus illinoisensis</i>	
	<i>Paenibacillus pabuli</i>	
	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	
<i>Paenoclostridium</i>	<i>Paenoclostridium sordellii</i>	1

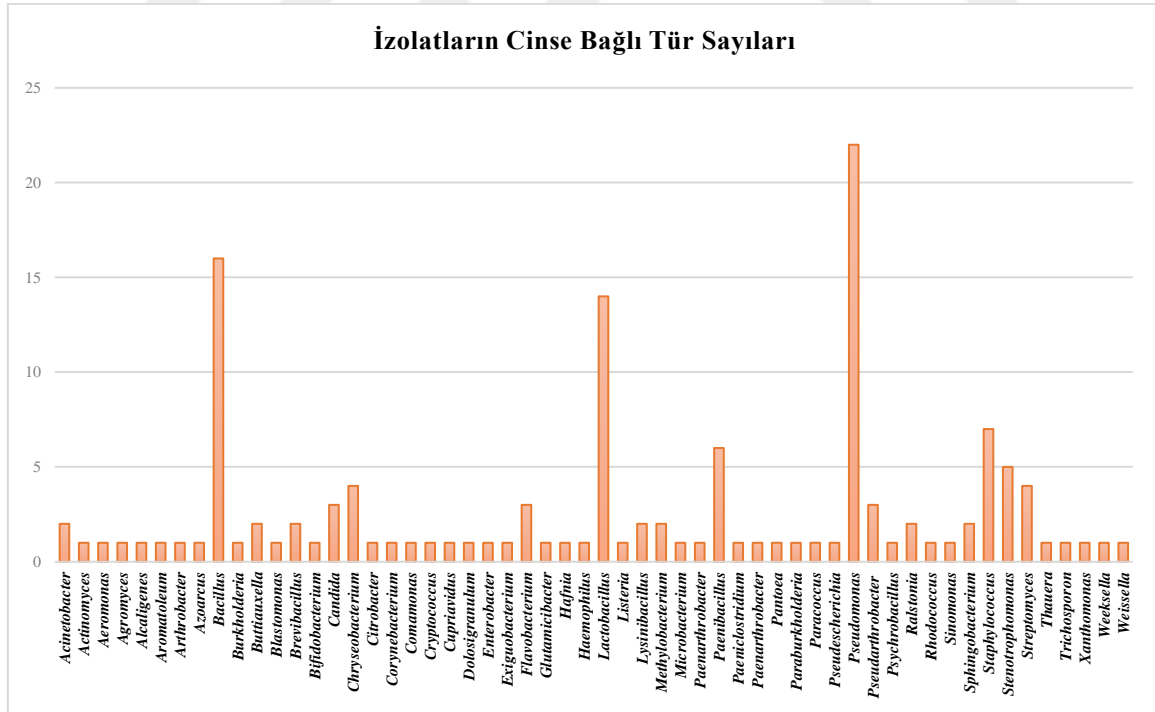
**Tablo 4.5.** İzolatların Cins, Tür Adı ve Sayıları (Devamı)

Cins Adı	Tür Adı	Tür Sayısı
<i>Paenarthrobacter</i>	<i>Paenarthrobacter histidinolovarans</i>	1
<i>Pantoea</i>	<i>Pantoea agglomerans</i>	1
<i>Paraburkholderia</i>	<i>Paraburkholderia terricola</i>	1
<i>Paracoccus</i>	<i>Paracoccus denitrificans</i>	1
<i>Pseudescherichia</i>	<i>Pseudescherichia vulneris</i>	1
<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22
	<i>Pseudomonas agarici</i>	
	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i>	
	<i>Pseudomonas brassicacearum</i>	
	<i>Pseudomonas brenneri</i>	
	<i>Pseudomonas caricapapayae</i>	
	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	
	<i>Pseudomonas cichorii</i>	
	<i>Pseudomonas congelans</i>	
	<i>Pseudomonas corrugata</i>	
	<i>Pseudomonas extremorientalis</i>	
	<i>Pseudomonas jessenii</i>	
	<i>Pseudomonas umsongensis</i>	
	<i>Pseudomonas kilosensis</i>	
	<i>Pseudomonas koreensis</i>	
	<i>Pseudomonas lutea</i>	
	<i>Pseudomonas poae</i>	
	<i>Pseudomonas putida</i>	
	<i>Pseudomonas nitroreducens</i>	
<i>Pseudomonas resinovorans</i>		
<i>Pseudomonas syringae</i>		
<i>Pseudomonas thivervalensis</i>		
<i>Pseudarthrobacter</i>	<i>Pseudarthrobacter oxydans</i>	3
	<i>Pseudarthrobacter polychromogenes</i>	
	<i>Pseudarthrobacter sulfonivorans</i>	
<i>Psychrobacillus</i>	<i>Psychrobacillus psychrodurans</i>	1
<i>Ralstonia</i>	<i>Ralstonia pickettii</i>	1
<i>Rhodococcus</i>	<i>Rhodococcus opacus</i>	1
<i>Sinomonas</i>	<i>Sinomonas atrocyanea</i>	1

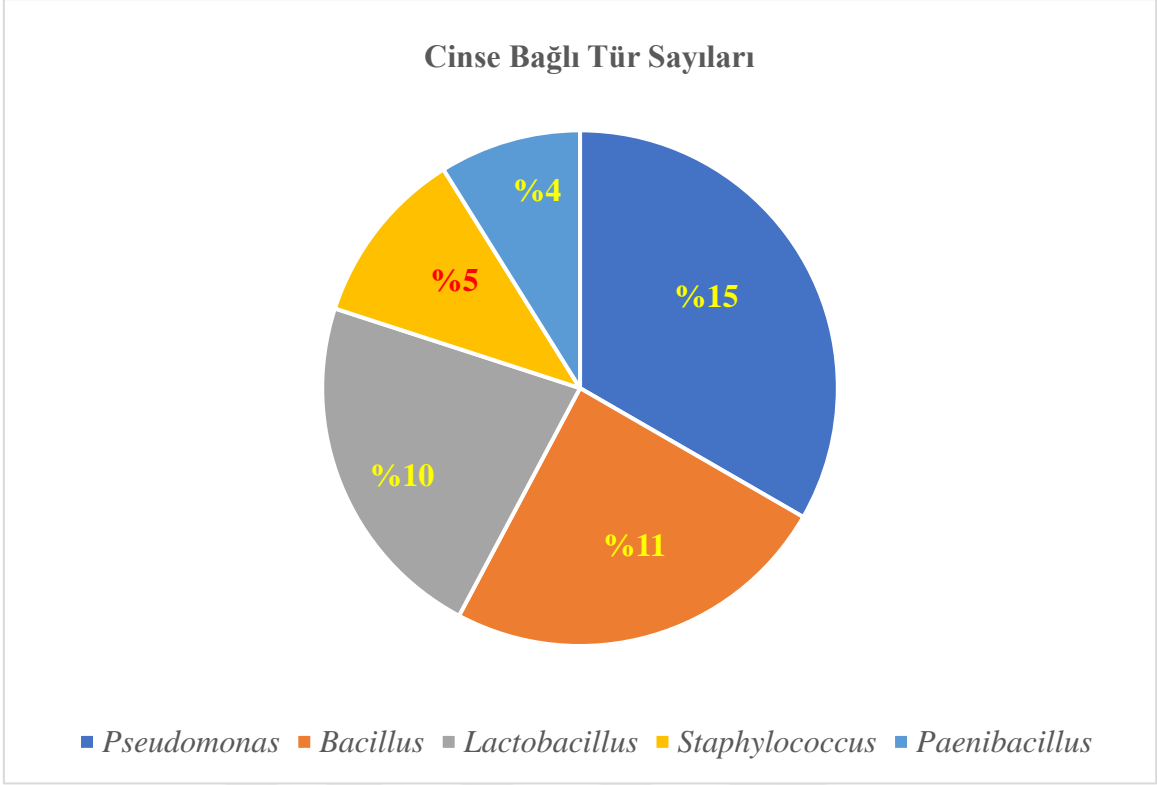


**Tablo 4.5.** İzolatların Cins, Tür Adı ve Sayıları (Devamı)

Cins Adı	Tür Adı	Tür Sayısı
<i>Sphingobacterium</i>	<i>Sphingobacterium multivorum</i>	2
	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	
<i>Staphylococcus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	7
	<i>Staphylococcus capitis</i>	
	<i>Staphylococcus hominis</i>	
	<i>Staphylococcus schleiferi</i>	
	<i>Staphylococcus sciuri</i>	
	<i>Staphylococcus warneri</i>	
	<i>Staphylococcus suis</i>	
<i>Stenotrophomonas</i>	<i>Stenotrophomonas acidaminiphila</i>	4
	<i>Stenotrophomonas nitritireducens</i>	
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	
	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	
<i>Streptomyces</i>	<i>Streptomyces chartreusis</i>	4
	<i>Streptomyces griseus</i>	
	<i>Streptomyces badius</i>	
	<i>Streptomyces phaeochromogenes</i>	
<i>Thauera</i>	<i>Thauera mechernichensis</i>	1
<i>Trichosporon</i>	<i>Trichosporon mucoides</i>	1
<i>Xanthomonas</i>	<i>Xanthomonas arboricola</i>	1
<i>Weeksella</i>	<i>Weeksella virosa</i>	1
<i>Weissella</i>	<i>Weissella viridescens</i>	1



**Şekil 4.3.** İzolatların Cinsine Bağlı İçerdikleri Tür Sayı Diyagramı



**Şekil 4.4.** İzolatların Cinse Bağlı İçerdikleri % Tür Dağılımları

Çalışmamızda buğday bitkisi kök rizosferinden 17 farklı tür; arpa bitkisi kök rizosferinden 15 farklı tür, yulaf bitkisi kök rizosferinden 16 farklı tür, nohut bitkisi kök rizosferinden 15 farklı tür, mercimek bitkisi kök rizosferinden 5 farklı tür, aspir bitkisi kök rizosferinden 7 farklı tür, fasulye bitkisi kök rizosferinden 15 farklı tür, yonca bitkisi kök rizosferinden 3 farklı tür, pırasa bitkisi kök rizosferinden 4 farklı tür, patlıcan bitkisi kök rizosferinden 5 farklı tür, lahana bitkisi kök rizosferinden 5 farklı tür, fiğ bitkisi kök rizosferinden 4 farklı tür, domates bitkisi kök rizosferinden 2 farklı tür, bakla bitkisi kök rizosferinden 3 farklı tür, altın çilek bitkisi kök rizosferinden 1 farklı tür elde edilmiştir (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6.** Bitki Rizosferlerinden Elde Edilen İzolatlar

Bitki Adı	Rizosferden Elde Edilen İzolatlar
<b>Buğday</b>	<i>A. viscosus</i> (MH 39-6), <i>A. evansii</i> (MH 60-3) <i>A. crystallopoietes</i> (MH 60-1), <i>B. simplex</i> (MH 34-5), <i>B. atrophaeus</i> (MH 28-1), <i>B. mojavensis</i> (MH 50-6), <i>B. thuringiensis</i> (MH 39-7), <i>B. brevis</i> (MH 50-2), <i>B. parabrevis</i> (MH 50-3), <i>G. arilaitensis</i> (MH 55-7), <i>H. alvei</i> (MH 34-3), <i>P. denitrificans</i> (MH 60-6), <i>P. anguilliseptica</i> (MH 28-8), <i>P. oxydans</i> (MH 34-8), <i>S. spiritivorum</i> (MH 1-3), <i>S. hominis</i> (MH 50-4), <i>W. virosa</i> (MH 39-3)
<b>Arpa</b>	<i>A. calcoaceticus</i> (MH 51-8), <i>A. russicus</i> (MH 46-6), <i>B. simplex</i> (MH 40-7), <i>B. megaterium</i> (MH 33-9), <i>B. muralis</i> (MH 33-7), <i>B. cepacia</i> (MH 61-4), <i>C. guilliermondii</i> (MH 56-2), <i>C. respiraculi</i> (MH 29-1), <i>L. delbrueckii</i> (MH 56-6), <i>L. grayi</i> (MH 61-3), <i>M. rhodesianum</i> (MH 46-9), <i>P. chlororaphis</i> (MH 29-6), <i>P. cichorii</i> (MH 40-6), <i>P. corrugata</i> (MH 51-6), <i>P. psychrodurans</i> (MH 46-8)
<b>Yulaf</b>	<i>A. baumannii</i> (MH 62-6), <i>A. woluwensis</i> (MH 57-4), <i>B. pumilus</i> (MH 57-7), <i>B. weihenstephanensis</i> (MH 41-1), <i>C. flavescens</i> (MH 62-3), <i>Exiguobacterium</i> spp. (MH 32-8), <i>H. influenzae</i> (MH 62-2), <i>L. ingluviei</i> (MH 57-1), <i>L. paraplantarum</i> (MH 62-1), <i>L. plantarum</i> (MH 37-5), <i>P. apiarius</i> (MH 37-3), <i>P. pabuli</i> (MH 52-5), <i>P. kilosensis</i> (MH 32-5), <i>P. lutea</i> (MH 52-6), <i>P. resinovorans</i> (MH 47-6), <i>S. suis</i> (MH 32-7)
<b>Nohut</b>	<i>C. kefir</i> (MH 25-2), <i>C. lathyri</i> (MH 48-6), <i>C. freundii</i> (MH 25-13), <i>D. pigrum</i> (MH 27-5), <i>L. gasserii</i> (MH 25-9), <i>P. histidinolovarans</i> (MH 58-6), <i>P. agglomerans</i> (MH 53-2), <i>P. terricola</i> (MH 36-8), <i>P. brenneri</i> (MH 27-1), <i>P. umsongensis</i> (MH 25-11), <i>P. koreensis</i> (MH 58-9), <i>P. poae</i> (MH 27-9), <i>S. sciuri</i> (MH 36-7), <i>T. mucoides</i> (MH 25-16), <i>W. viridescens</i> (MH 25-15)
<b>Mercimek</b>	<i>A. indigenus</i> (MH 24-17), <i>F. hydatis</i> (MH 30-1), <i>M. saperdae</i> (MH 24-5), <i>P. nitroreducens</i> (MH 24-5), <i>S. atrocyanea</i> (MH 24-1)
<b>Aspir</b>	<i>A. cerinus</i> (MH 26-3), <i>C. krusei</i> (MH 26-9), <i>C. neoformans</i> (MH 26-2), <i>P. polymyxa</i> (MH 26-6), <i>S. chartreusis</i> (MH 26-15), <i>S. badius</i> (MH 5-5), <i>S. phaeochromogenes</i> (MH 26-8)
<b>Ayçiçek</b>	<i>A. faecalis</i> (MH 64-1), <i>A. parietis</i> (MH 64-4), <i>B. endophyticus</i> (MH 54-6), <i>L. oligofermentans</i> (MH 35-9), <i>B. pseudomycooides</i> (MH 35-1), <i>B. longum</i> (MH 54-2), <i>C. aquatica</i> (MH 64-5), <i>L. amylophilus</i> (MH 6-7), <i>L. kefir</i> (MH 35-5), <i>L. oris</i> (MH 6-4), <i>L. suebicus</i> (MH 6-5), <i>P. polychromogenes</i> (MH 49-4), <i>P. sulfonivorans</i> (MH 6-1), <i>S. rhizophila</i> (MH 59-7), <i>T. mechernichensis</i> (MH 49-5)
<b>Fasulye</b>	<i>B. cereus</i> (MH 31-3), <i>B. mycooides</i> (MH 44-2), <i>B. subtilis</i> (MH 44-1), <i>B. agrestis</i> (MH 38-4), <i>B. izardii</i> (MH 38-6), <i>B. nataroria</i> (MH 63-7), <i>C. elymi</i> (MH 38-8), <i>C. indoltheticum</i> (MH 31-7), <i>C. joostei</i> (MH 38-1), <i>F. banpakuense</i> (MH 19-1), <i>L. coryniformis</i> (MH 63-5), <i>L. pakistanensis</i> (MH 63-1), <i>L. xylanilyticus</i> (MH 63-6), <i>P. brassicacearum</i> (MH 31-2), <i>P. caricapapayae</i> (MH 63-3), <i>Ralstonia</i> spp (MH 44-7), <i>S. multivorans</i> (MH 19-2), <i>S. capitatus</i> (MH 63-4), <i>Stenotrophomonas</i> spp.(MH 44-3), <i>S. acidaminiphila</i> (MH 19-3), <i>S. maltophilia</i> (MH 44-5), <i>X. arboricola</i> (MH 38-2)
<b>Yonca</b>	<i>E. cloacae</i> (MH 43-3), <i>P. vulneris</i> (MH 8-6), <i>P. extremorientalis</i> (MH 8-1)
<b>Pırasa</b>	<i>M. organophilum</i> (MH 23-4), <i>P. syringae</i> (MH 23-5), <i>S. aureus</i> (MH 23-7), <i>S. nitritireducens</i> (MH 23-6)
<b>Patlıcan</b>	<i>F. nitrogenifigens</i> (MH 21-5), <i>P. aurescens</i> (MH 21-2), <i>P. aeruginosa</i> (MH 20-4), <i>P. putida</i> (MH 21-4), <i>S. warneri</i> (MH 21-1)
<b>Lahana</b>	<i>B. jeotgali</i> (MH 22-2), <i>L. fermentum</i> (MH 15-6), <i>L. sakei</i> (MH 15-5), <i>R. pickettii</i> (MH 15-1), <i>R. opacus</i> (MH 15-4)
<b>Fiğ</b>	<i>A. encheleia</i> (MH 9-6), <i>P. agarici</i> (MH 11-5), <i>P. congelans</i> (MH 11-2), <i>P. thivervalensis</i> (MH 11-4)
<b>Domates</b>	<i>P. illinoisensis</i> (MH 13-5), <i>P. sordellii</i> (MH 13-6)
<b>Bamya</b>	<i>B. licheniformis</i> (MH 14-2), <i>S. griseus</i> (MH 14-3)
<b>Bakla</b>	<i>P. amylolyticus</i> (MH 12-5), <i>P. kobensis</i> (MH 12-6), <i>P. jessenii</i> (MH 12-4)
<b>Altın Çilek</b>	<i>S. schleiferi</i> (MH 18-1)

#### 4.4. İzolatların Ekstraselüler Enzim Test Sonuçları

Elde edilen izolatların 21 tanesinin (%15) amilaz (+), 121 tanesinin (%85) amilaz (-) olduğu; 43 tanesinin (%30) sitrat (+), 99 tanesinin (%70) sitrat (-) olduğu; 70 tanesinin (%49) proteaz (+), 72 tanesinin (%51) proteaz (-) olduğu; 43 tanesinin (%30) jelatin hidrolizi (+), 99 tanesinin (%70) jelatin hidrolizi (-) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.7, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7).

**Tablo 4.7.** İzolatların Ekstraselüler Enzim Test Sonuçları

İzolat Numarası	Amilaz Testi	Sitrat Testi	Proteaz Testi	Jelatin Hidrolizi
MH 62-6	-	+	-	-
MH 51-8	-	+	+	-
MH 39-6	-	+	-	-
MH 9-6	-	+	+	-
MH 26-3	-	-	-	-
MH 64-1	-	-	-	-
MH 60-3	-	-	+	-
MH 60-1	+	-	+	-
MH 64-4	-	+	+	+
MH 46-6	-	-	-	-
MH 57-4	-	-	+	-
MH 24-17	-	-	-	-
MH 34-5	+	+	-	-
MH 28-1	+	-	+	-
MH 31-3	-	-	-	-
MH 54-6	-	-	-	-
MH 40-7	-	-	-	-
MH 22-2	-	-	-	+
MH 14-2	-	-	-	+
MH 33-9	-	-	-	-
MH 33-7	-	+	-	-
MH 50-6	+	-	-	+
MH 44-2	-	-	-	-
MH 35-9	-	-	-	-
MH 35-1	-	-	+	+
MH 57-7	+	+	+	+
MH 44-1	-	+	+	+
MH 41-1	-	-	+	+
MH 39-7	-	-	+	+
MH 61-4	-	-	-	-
MH 38-4	-	+	-	+
MH 38-6	-	+	-	-
MH 63-7	-	-	+	-
MH 50-2	-	-	-	-
MH 50-3	-	-	-	-
MH 54-2	-	-	+	+

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretemediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.7.** İzolatların Ekstraselüler Enzim Tarama Testleri (Devamı)

İzolat Numarası	Amilaz Testi	Sitrat Testi	Proteaz Testi	Jelatin Hidrolizi
MH 25-2	-	-	+	+
MH 26-9	+	-	+	+
MH 38-8	-	-	+	-
MH 56-2	+	-	+	+
MH 31-7	-	-	-	-
MH 38-1	-	+	+	+
MH 48-6	+	+	+	+
MH 25-13	-	-	+	+
MH 62-3	-	+	-	-
MH 64-5	-	-	-	-
MH 26-2	-	-	+	+
MH 29-1	-	-	+	+
MH 27-5	-	-	-	-
MH 43-3	-	+	-	+
MH 32-8	-	-	+	-
MH 30-1	-	-	+	+
MH 19-1	-	-	-	-
MH 21-5	+	-	+	-
MH 55-7	+	+	+	-
MH 34-3	-	-	+	+
MH 62-2	-	-	-	-
MH 6-7	-	-	-	-
MH 63-5	+	-	+	-
MH 56-6	-	-	-	-
MH 15-6	-	-	-	-
MH 25-9	-	-	+	+
MH 57-1	-	-	-	-
MH 35-5	-	-	+	+
MH 6-4	-	-	+	+
MH 17-3	+	-	+	+
MH 62-1	-	-	-	-
MH 37-5	-	-	+	+
MH 15-5	-	-	-	-
MH 6-5	-	-	-	-
MH 61-3	-	-	+	+
MH 63-1	-	-	-	-
MH 63-6	-	-	-	-
MH 23-4	-	-	+	+
MH 46-9	+	-	+	-
MH 24-15	-	-	-	-
MH 21-2	-	-	-	-
MH 12-5	-	-	-	-
MH 37-3	-	-	+	+
MH 12-6	+	-	-	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretemediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.7.** İzolatların Ekstraselüler Enzim Tarama Testleri (Devamı)

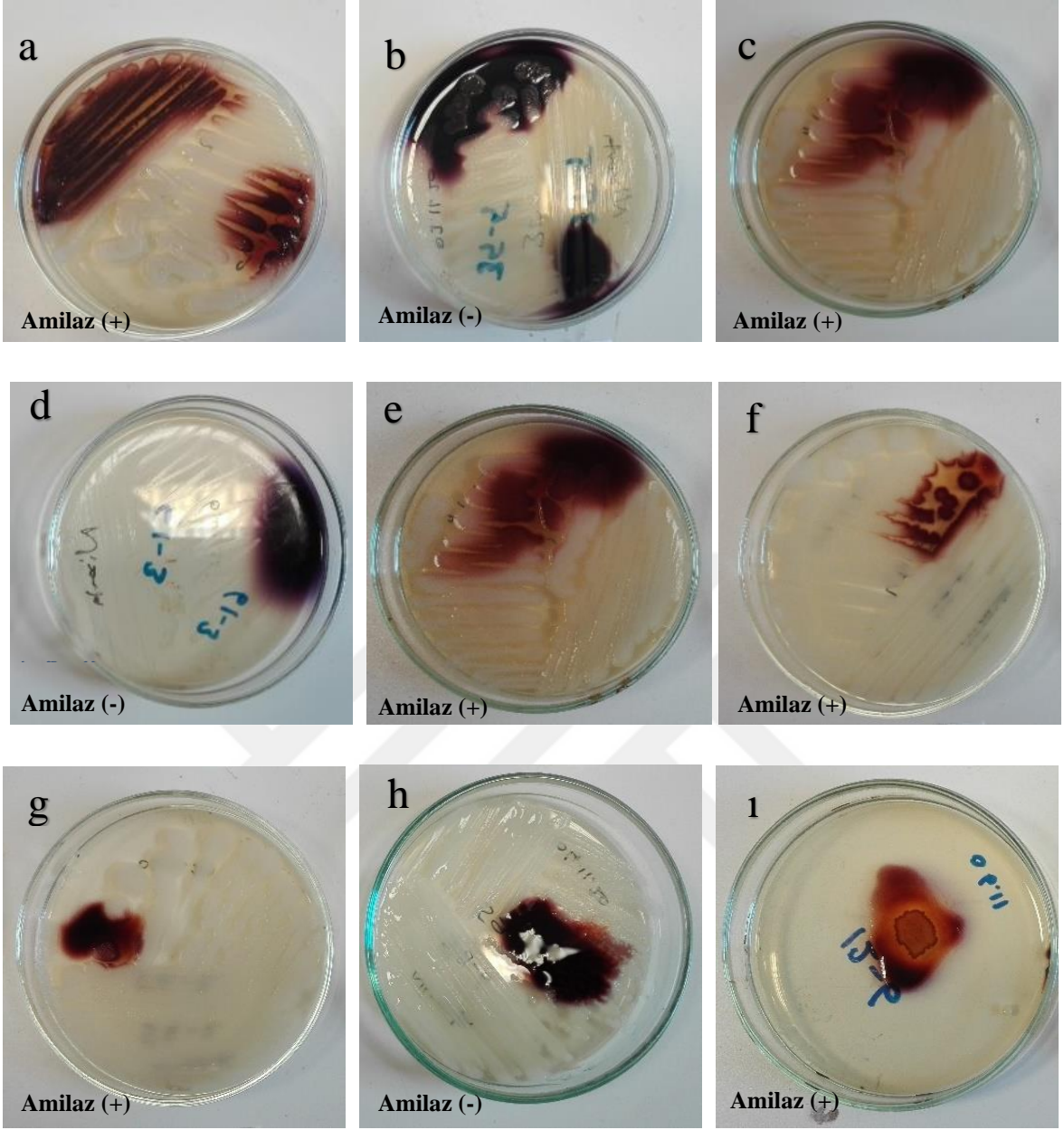
İzolat Numarası	Amilaz Testi	Sitrat Testi	Proteaz Testi	Jelatin Hidrolizi
MH 13-5	-	-	-	-
MH 52-5	-	-	+	-
MH 26-6	-	-	-	-
MH 13-6	-	-	+	-
MH 58-6	+	-	+	-
MH 53-2	-	-	-	-
MH 36-8	-	-	+	-
MH 60-6	-	-	-	-
MH 8-6	-	+	-	-
MH 20-4	-	-	-	+
MH 11-5	-	+	+	-
MH 28-8	-	-	+	-
MH 31-2	-	+	-	-
MH 27-1	-	+	+	+
MH 63-3	-	+	+	-
MH 29-6	-	+	+	-
MH 40-6	-	+	-	-
MH 11-2	-	+	+	-
MH 51-6	-	+	+	-
MH 8-1	-	-	+	-
MH 12-4	-	+	-	-
MH 25-11	-	+	-	-
MH 32-5	-	-	-	-
MH 58-9	-	+	-	-
MH 52-6	-	+	-	-
MH 27-9	-	-	-	-
MH 21-4	-	+	+	+
MH 24-5	-	+	-	-
MH 47-6	-	-	-	-
MH 23-5	-	-	+	-
MH 11-4	-	+	-	-
MH 34-8	-	-	-	-
MH 49-4	-	-	+	-
MH 6-1	-	+	-	-
MH 46-8	-	-	-	-
MH 44-7	-	+	+	-
MH 15-1	-	-	+	+
MH 15-4	-	+	+	-
MH 24-1	+	+	-	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretmediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.7.** İzolatların Ekstraselüler Enzim Tarama Testleri (Devamı)

İzolat Numarası	Amilaz Testi	Sitrat Testi	Proteaz Testi	Jelatin Hidrolizi
MH 19-2	-	-	-	-
MH 1-3	-	-	-	-
MH 23-7	+	-	+	+
MH 63-4	-	-	-	-
MH 50-4	-	-	-	-
MH 18-1	+	-	+	+
MH 36-7	-	+	+	+
MH 21-1	-	+	+	-
MH 44-3	+	+	+	+
MH 19-3	-	+	+	+
MH 23-6	-	+	+	+
MH 44-5	-	-	+	+
MH 59-7	-	+	+	+
MH 26-15	-	-	-	-
MH 32-7	-	-	-	-
MH 14-3	-	-	+	-
MH 5-5	-	+	-	-
MH 26-8	-	-	-	-
MH 49-5	+	-	+	+
MH 25-16	-	-	+	-
MH 38-2	-	-	-	-
MH 39-3	-	-	+	-
MH 25-15	-	-	+	-

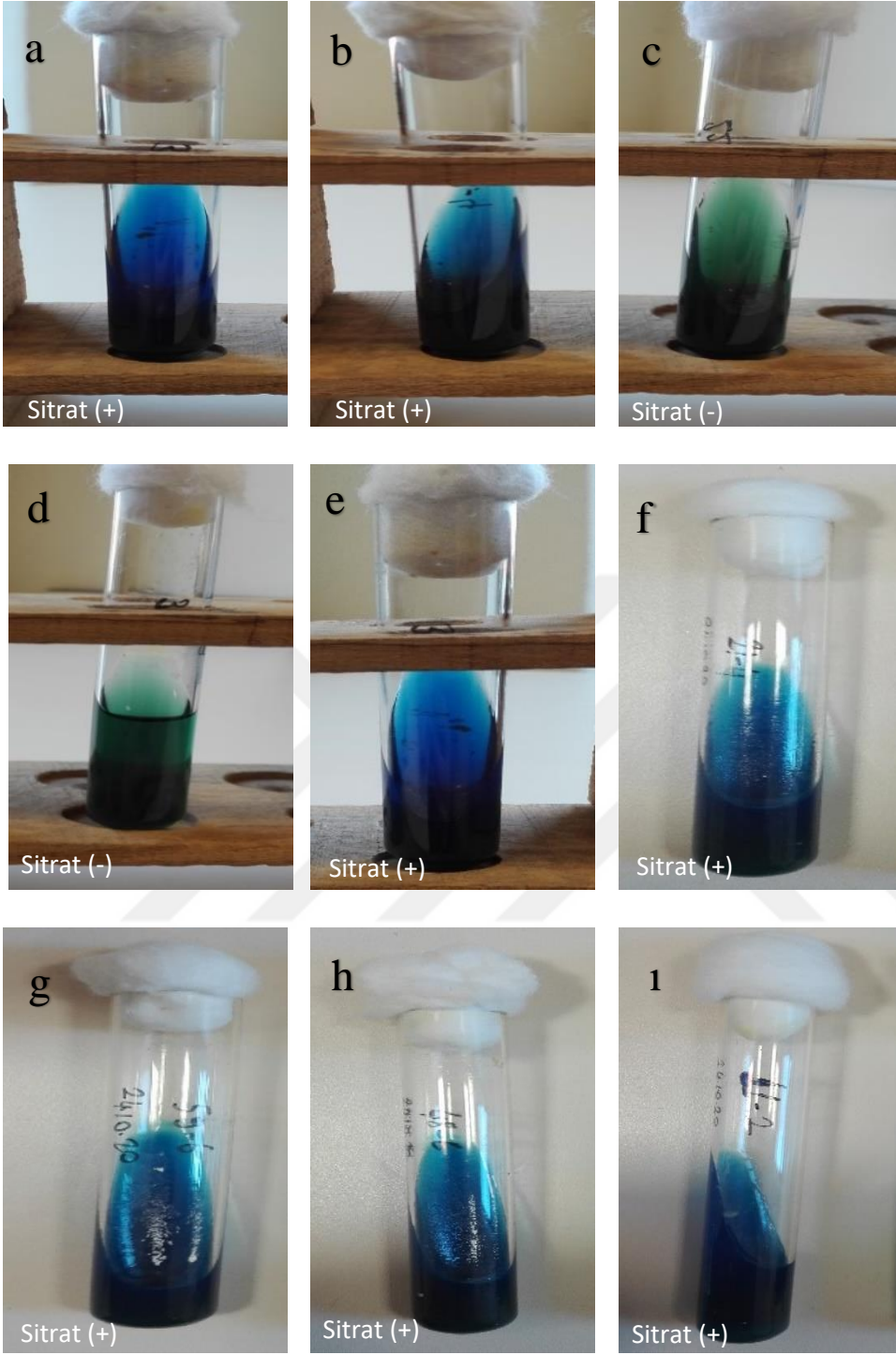
\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretmediklerini ifade etmektedir.



**Şekil 4.5.** Elde Edilen İzolatların Amilaz Test Görüntüleri

- a. *L. gasseri* (MH 25-9)    b. *L. kefiri* (MH 35-5)    c. *S. atrocyanea* (MH 24-1)    d. *S. rhizophila* (MH 59-7)  
e. *L. paracasei* (MH 57-3)    f. *T. mechernichensis* (MH 49-5)    g. *C. guilliermondii* (MH 56-2)  
h. *A. calcoaceticus* (MH 59-6)    i. *P. kobensis* (MH 12-6)





**Şekil 4.6.** Elde Edilen İzolatların Sitrat Test Görüntüleri

a. *A. encheleia* (MH 9-6)

b. *B. muralis* (MH 33-7)

c. *B. agrestis* (MH 38-4)

d. *A. parietis* (MH 64-4)

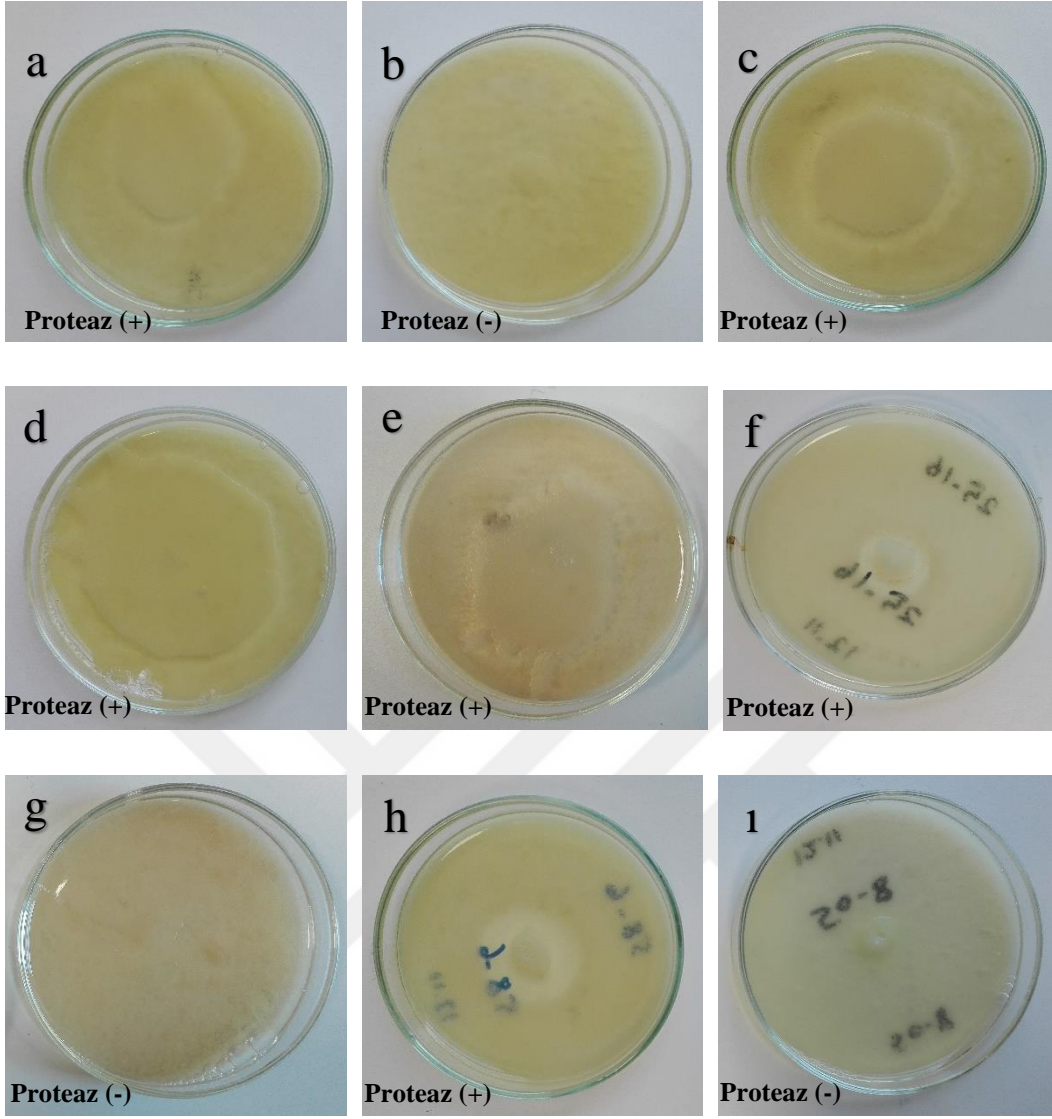
e. *Bacillus* sp. (MH 34-5)

f. *P. putida* (MH 21-4)

g. *S. rhizophila* (MH 59-7)

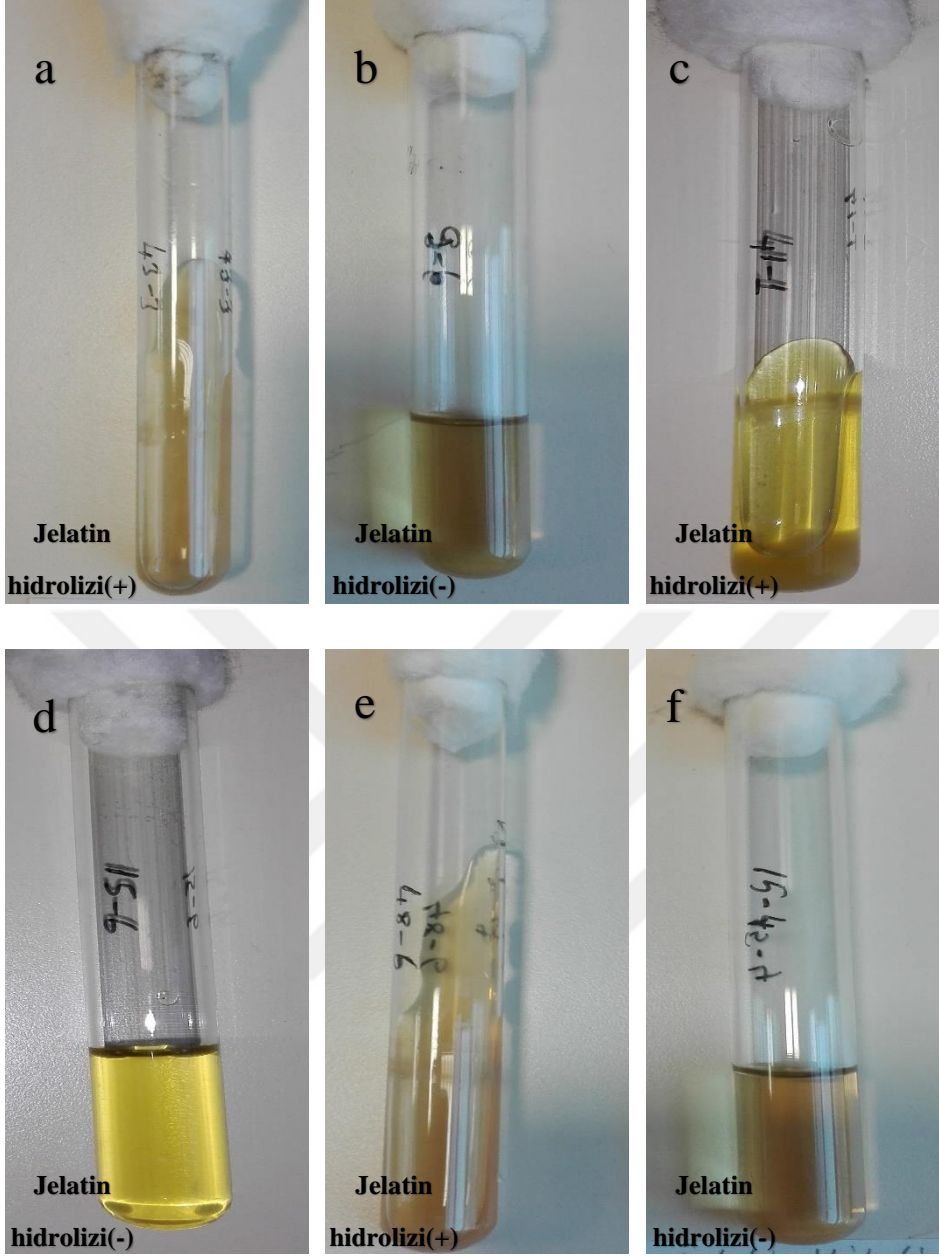
h. *C. lathyri* (MH 48-6)

i. *P. congelans* (MH 11-2)



**Şekil 4.7.** Elde Edilen İzolatların Proteaz Test Görüntüleri

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <b>a.</b> <i>A. crystallopoietes</i> (MH 60-1) | <b>b.</b> <i>B. muralis</i> (MH 61-6)         | <b>c.</b> <i>C. neofaarmans</i> (MH 26-2) |
| <b>d.</b> <i>P. caricapapayae</i> (MH 63-3)    | <b>e.</b> <i>M. organophilum</i> (MH 23-4)    | <b>f.</b> <i>T. mucoides</i> (MH 25-16)   |
| <b>g.</b> <i>A. cerinus</i> (MH 26-3)          | <b>h.</b> <i>P. histidinolorans</i> (MH 58-6) | <b>i.</b> <i>P. jessenii</i> (MH 50-8)    |



**Şekil 4.8.** Elde Edilen İzolatların Jelatin Hidroliz Test Görüntüleri

- a.** *E. cloacae* (MH 43-3)    **b.** *A. encheleia* (MH 9-6)    **c.** *B. weihenstephanensis* (MH 41-1)  
**d.** *L. fermentum* (MH 15-6)    **e.** *C. lathyri* (MH 48-6)    **f.** *R. opacus* (MH 15-4)

## 4.5. İzolatların Bitki Büyümesini Teşvik Edici Özellikleri (PGP)

### 4.5.1. İzolatların Azot Fikse Etme Potansiyelleri

Elde edilen izolatlar azot fikse etme potansiyelleri bakımından incelendiğinde; 34 tanesinin (%24) zayıf pozitif; (MH 28-1, MH 39-7, MH 38-4, MH 38-6, MH 54-2, MH 62-3, MH 26-2, MH 27-5, MH 55-7, MH 63-5, MH 25-9, MH 57-1, MH 62-1, MH 37-5, MH 46-9, MH 37-3, MH 58-6, MH 53-2, MH 11-2, MH 8-1, MH 12-4, MH 25-11, MH 52-6, MH 27-9, MH 24-5, MH 34-8, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 19-2, MH 1-3, MH 5-5),

20 tanesinin (%14) orta düzeyde pozitif; (MH 60-3, MH 60-1, MH 63-7, MH 26-9, MH 38-8, MH 29-1, MH 30-1, MH 6-4, MH 17-3, MH 23-4, MH 21-4, MH 11-4, MH 6-1, MH 15-1, MH 24-1, MH 23-7, MH 36-7, MH 19-3, MH 49-5, MH 39-3),

9 tanesinin (%6) kuvvetli pozitif; (MH 25-2, MH 56-2, MH 25-13, MH 34-3, MH 18-1, MH 32-7, MH 14-3, MH 25-16, MH 25-15) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.8, Şekil 4.8, Şekil 4.9).

**Tablo 4.8.** İzolatların Azot Fiksasyon Sonuçları

İzolat No	Azot Fiksasyon Testi	İzolat No	Azot Fiksasyon Testi
MH 62-6	-	MH 48-6	-
MH 51-8	-	MH 25-13	+++
MH 39-6	-	MH 62-3	+
MH 9-6	-	MH 64-5	-
MH 26-3	-	MH 26-2	+
MH 64-1	-	MH 29-1	++
MH 60-3	++	MH 27-5	+
MH 60-1	++	MH 43-3	+
MH 64-4	-	MH 32-8	-
MH 46-6	-	MH 30-1	++
MH 57-4	-	MH 19-1	-
MH 24-17	-	MH 21-5	-
MH 34-5	-	MH 55-7	+
MH 28-1	+	MH 34-3	+++
MH 31-3	-	MH 62-2	-
MH 54-6	-	MH 6-7	-
MH 40-7	-	MH 63-5	+
MH 22-2	-	MH 56-6	-
MH 14-2	-	MH 15-6	-
MH 33-9	-	MH 25-9	+
MH 33-7	-	MH 57-1	+
MH 50-6	-	MH 35-5	-
MH 44-2	-	MH 6-4	++
MH 35-9	-	MH 17-3	++
MH 35-1	-	MH 62-1	+
MH 57-7	-	MH 37-5	+
MH 44-1	-	MH 15-5	-
MH 41-1	-	MH 6-5	-
MH 39-7	+	MH 61-3	-
MH 61-4	-	MH 63-1	-
MH 38-4	+	MH 63-6	-
MH 38-6	+	MH 23-4	++
MH 63-7	++	MH 46-9	+
MH 50-2	-	MH 24-15	-
MH 50-3	-	MH 21-2	-
MH 54-2	+	MH 12-5	-
MH 25-2	+++	MH 37-3	+
MH 26-9	++	MH 12-6	-
MH 38-8	++	MH 13-5	-
MH 56-2	+++	MH 52-5	-
MH 31-7	-	MH 26-6	-

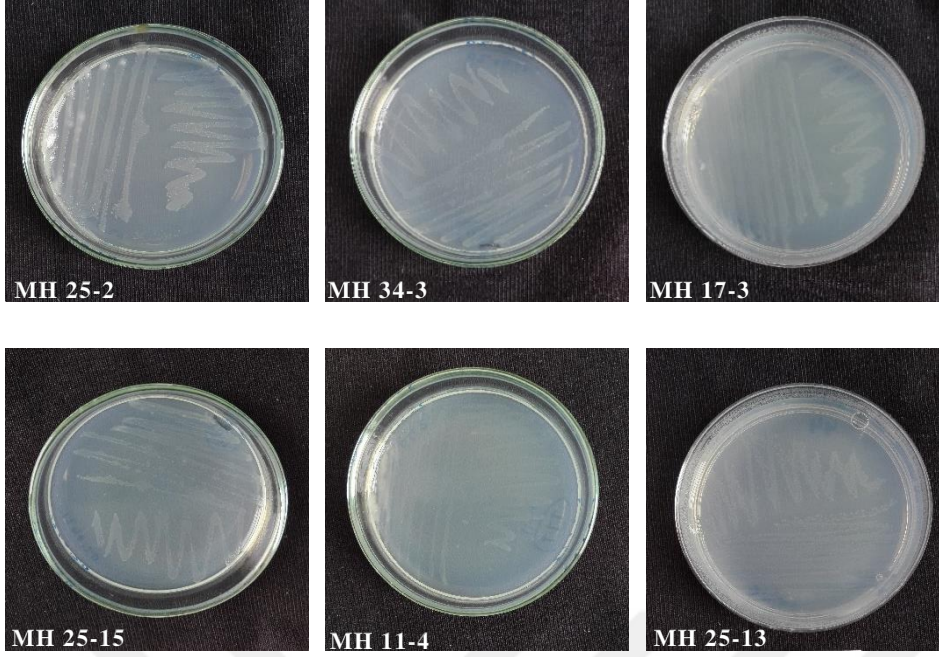
\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (++) orta derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (+++) kuvvetli derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (-) ise azot fiksasyonu yapmadıklarını ifade etmektedir.

**Tablo 4.8.** İzolatların Azot Fiksasyon Sonuçları (Devamı)

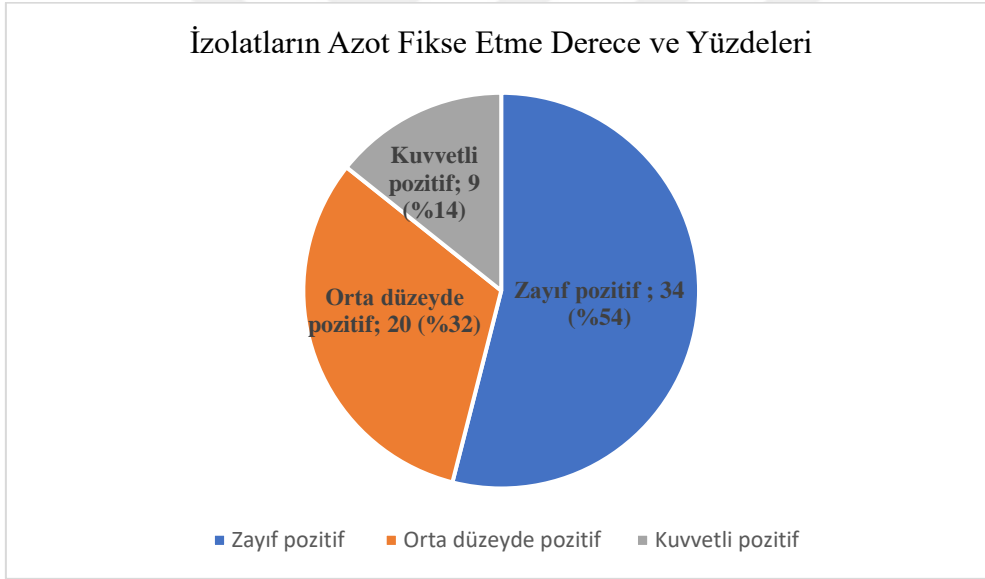
İzolat No	Azot Fiksasyon Testi	İzolat No	Azot Fiksasyon Testi
MH 38-1	-	MH 13-6	-
MH 58-6	+	MH 15-1	++
MH 53-2	+	MH 15-4	+
MH 36-8	-	MH 24-1	++
MH 60-6	-	MH 19-2	+
MH 8-6	-	MH 1-3	+
MH 20-4	-	MH 23-7	++
MH 11-5	-	MH 63-4	-
MH 28-8	-	MH 50-4	-
MH 31-2	-	MH 18-1	+++
MH 27-1	-	MH 36-7	++
MH 63-3	-	MH 21-1	-
MH 29-6	-	MH 44-3	-
MH 40-6	-	MH 19-3	++
MH 11-2	+	MH 23-6	-
MH 51-6	-	MH 44-5	-
MH 8-1	+	MH 59-7	-
MH 12-4	+	MH 26-15	-
MH 25-11	+	MH 32-7	+++
MH 32-5	-	MH 14-3	+++
MH 58-9	-	MH 5-5	+
MH 52-6	+	MH 26-8	-
MH 27-9	+	MH 49-5	++
MH 21-4	++	MH 25-16	+++
MH 24-5	+	MH 38-2	-
MH 47-6	-	MH 39-3	++
MH 23-5	-	MH 25-15	+++
MH 11-4	++		
MH 34-8	+		
MH 49-4	+		
MH 6-1	++		
MH 46-8	-		
MH 44-7	+		

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (++) orta derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (+++) kuvvetli derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (-) ise azot fiksasyonu yapmadıklarını ifade etmektedir.





Şekil 4.9. İzolatların Azotsuz Besiyerinde Gelişmeleri



Şekil 4.10. İzolatların Azot Fikse Etme Potansiyelleri

#### 4.5.2. İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Potansiyelleri

Elde edilen izolatlar inorganik fosfat çözme potansiyelleri bakımından incelendiğinde; izolatların 25 tanesinin (%17) (MH 60-3, MH 60-1, MH 57-4, MH 24-17, MH 44-1, MH 63-7, MH 38-8, MH 38-1, MH 48-6, MH 43-3, MH 63-5, MH 46-9, MH 58-6, MH 53-2, MH 11-2, MH 58-9, MH 44-7, MH 24-1, MH 19-2, MH 23-7, MH 18-1, MH 36-7, MH 44-5, MH 25-16, MH 25-15) inorganik fosfat çözücülüğü pozitif iken 117 tanesinin (%83) ise negatif olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11).

**Tablo 4.9.** İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Sonuçları

İzolat No	İnorganik Fosfat Çözücülüğü	İzolat No	İnorganik Fosfat Çözücülüğü
MH 62-6	-	MH 38-1	+
MH 51-8	-	MH 48-6	+
MH 39-6	-	MH 25-13	-
MH 9-6	-	MH 62-3	-
MH 26-3	-	MH 64-5	-
MH 64-1	-	MH 26-2	-
MH 60-3	+	MH 29-1	-
MH 60-1	+	MH 27-5	-
MH 64-4	-	MH 43-3	+
MH 46-6	-	MH 32-8	-
MH 57-4	+	MH 30-1	-
MH 24-17	+	MH 19-1	-
MH 34-5	-	MH 21-5	-
MH 28-1	-	MH 55-7	-
MH 31-3	-	MH 34-3	-
MH 54-6	-	MH 62-2	-
MH 40-7	-	MH 6-7	-
MH 22-2	-	MH 63-5	+
MH 14-2	-	MH 56-6	-
MH 33-9	-	MH 15-6	-
MH 33-7	-	MH 25-9	-
MH 50-6	-	MH 57-1	-
MH 44-2	-	MH 35-5	-
MH 35-9	-	MH 6-4	-
MH 35-1	-	MH 17-3	-
MH 57-7	-	MH 62-1	-
MH 44-1	+	MH 37-5	-
MH 41-1	-	MH 15-5	-
MH 39-7	-	MH 6-5	-
MH 61-4	-	MH 61-3	-
MH 38-4	-	MH 63-1	-
MH 38-6	-	MH 63-6	-
MH 63-7	+	MH 23-4	-
MH 50-2	-	MH 46-9	+
MH 50-3	-	MH 24-15	-
MH 54-2	-	MH 21-2	-
MH 25-2	-	MH 12-5	-
MH 26-9	-	MH 37-3	-
MH 38-8	+	MH 12-6	-
MH 56-2	-	MH 13-5	-
MH 31-7	-	MH 52-5	-

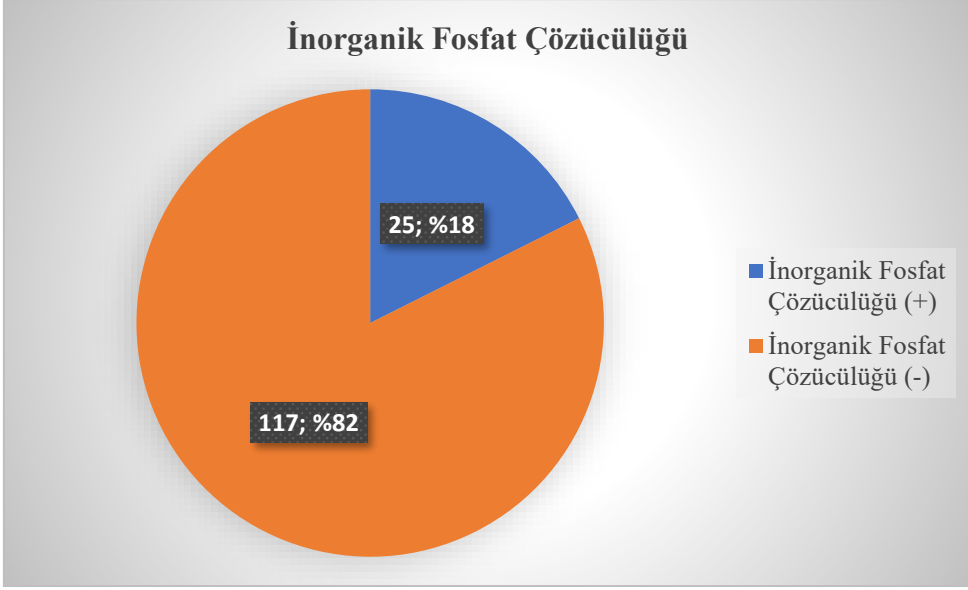
\*Tabloda yer alan (+), izolatların inorganik fosfatı çözebildikleri; (-) ise inorganik fosfatı çözemediklerini ifade etmektedir.



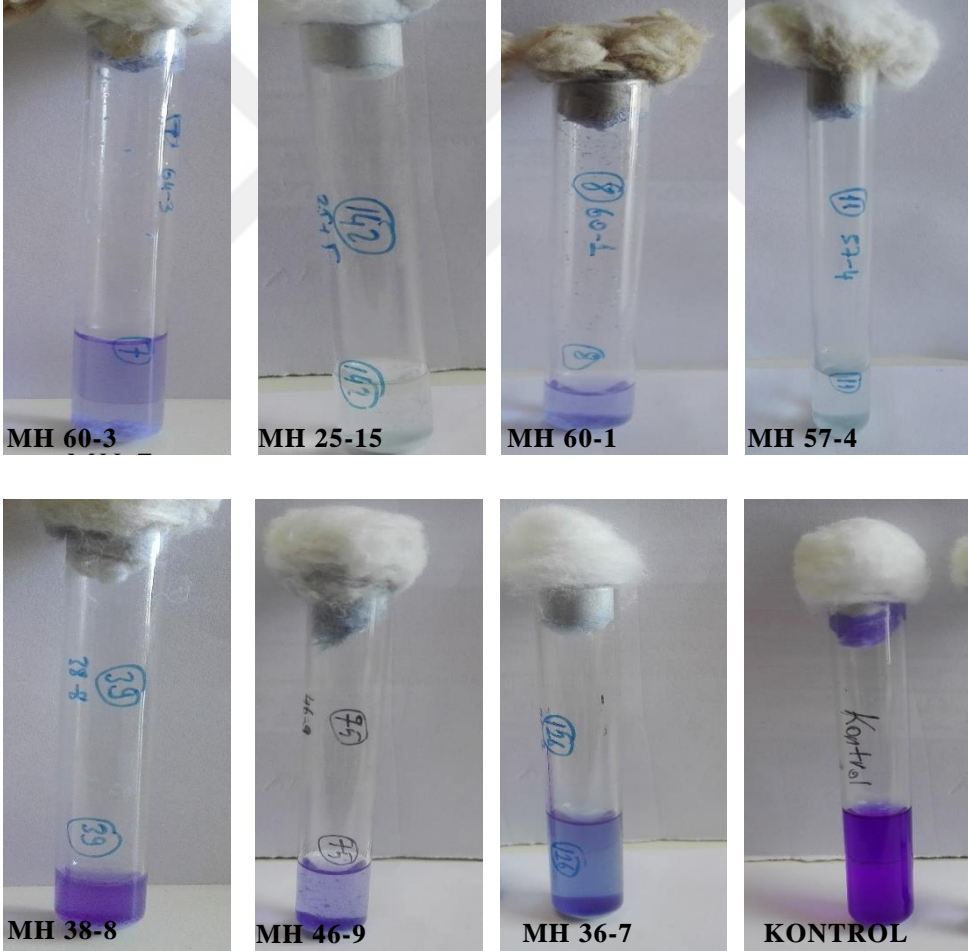
**Tablo 4.9.** İzolatların İnorganik Fosfat Çözme Sonuçları (Devamı)

İzolat No	İnorganik Fosfat Çözücülüğü	İzolat No	İnorganik Fosfat Çözücülüğü
MH 26-6	-	MH 6-1	-
MH 13-6	-	MH 46-8	-
MH 58-6	+	MH 44-7	+
MH 53-2	+	MH 15-1	-
MH 36-8	-	MH 15-4	-
MH 60-6	-	MH 24-1	+
MH 8-6	-	MH 19-2	+
MH 20-4	-	MH 1-3	-
MH 11-5	-	MH 23-7	+
MH 28-8	-	MH 63-4	-
MH 31-2	-	MH 50-4	-
MH 27-1	-	MH 18-1	+
MH 63-3	-	MH 36-7	+
MH 29-6	-	MH 21-1	-
MH 40-6	-	MH 44-3	-
MH 11-2	+	MH 19-3	-
MH 51-6	-	MH 23-6	-
MH 8-1	-	MH 44-5	+
MH 12-4	-	MH 59-7	-
MH 25-11	-	MH 26-15	-
MH 32-5	-	MH 32-7	-
MH 58-9	+	MH 14-3	-
MH 52-6	-	MH 5-5	-
MH 27-9	-	MH 26-8	-
MH 21-4	-	MH 49-5	-
MH 24-5	-	MH 25-16	+
MH 47-6	-	MH 38-2	-
MH 23-5	-	MH 39-3	-
MH 11-4	-	MH 25-15	+
MH 34-8	-		
MH 49-4	-		

\*Tabloda yer alan (+), izolatların inorganik fosfatı çözebildikleri; (-) ise inorganik fosfatı çözemediklerini ifade etmektedir.



Şekil 4.11. İzolatların İnorganik Fosfat Çözücülüğü



Şekil 4.12. İzolatların Fosfatı Çözme Görüntüleri

#### 4.5.3. İzolatların Siderofor Üretim Yetenekleri

İzolatların siderofor üretim yetenekleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Elde edilen izolatların 41 tanesinin (%29) (MH 51-8, MH 9-6, MH 60-3, MH 60-1, MH 24-17, MH 34-5, MH 22-2, MH 14-2, MH 57-7, MH 44-1, MH 38-4, MH 38-6, MH 63-7, MH 25-2, MH 64-5, MH 27-5, MH 43-3, MH 21-5, MH 63-5, MH 15-6, MH 57-1, MH 6-4, MH 17-3, MH 46-9, MH 24-15, MH 21-2, MH 37-3, MH 58-6, MH 53-2, MH 8-6, MH 8-1, MH 12-4, MH 27-9, MH 21-4, MH 34-8, MH 19-2, MH 21-1, MH 23-6, MH 44-5, MH 49-5, MH 38-2) siderofor üretim yetenekleri pozitif iken, 101 tanesinin (%71) negatif olduğu tespit edilmiştir. Siderofor üretim potansiyeline sahip izolatların zon çaplarının 3mm-17mm arasında olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.11, Şekil 4.12).

**Tablo 4.10.** İzolatların Siderofor Üretim Sonuçları

İzolat No	Siderofor Üretim	İzolat No	Siderofor Üretim
MH 62-6	-	MH 38-6	+
MH 51-8	+	MH 63-7	+
MH 39-6	-	MH 50-2	-
MH 9-6	+	MH 50-3	-
MH 26-3	-	MH 54-2	-
MH 64-1	-	MH 25-2	+
MH 60-3	+	MH 26-9	-
MH 60-1	+	MH 38-8	-
MH 64-4	-	MH 56-2	-
MH 46-6	-	MH 31-7	-
MH 57-4	-	MH 38-1	-
MH 24-17	+	MH 48-6	-
MH 34-5	+	MH 25-13	-
MH 28-1	-	MH 62-3	-
MH 31-3	-	MH 64-5	+
MH 54-6	-	MH 26-2	-
MH 40-7	-	MH 29-1	-
MH 22-2	+	MH 27-5	+
MH 14-2	+	MH 43-3	+
MH 33-9	-	MH 32-8	-
MH 33-7	-	MH 30-1	-
MH 50-6	-	MH 19-1	-
MH 44-2	-	MH 21-5	+
MH 35-9	-	MH 55-7	-
MH 35-1	-	MH 34-3	-
MH 57-7	+	MH 62-2	-
MH 44-1	+	MH 6-7	-
MH 41-1	-	MH 63-5	+
MH 39-7	-	MH 56-6	-
MH 61-4	-	MH 15-6	+
MH 38-4	+	MH 25-9	-

\*Tabloda yer alan (+), izolatların siderofor üretebildiklerini; (-) ise siderofor üretmediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.10.** İzolatların Siderofor Üretme Sonuçları (Devamı)

İzolat No	Siderofor Üretme	İzolat No	Siderofor Üretme
MH 57-1	+	MH 58-9	-
MH 35-5	-	MH 52-6	-
MH 6-4	+	MH 27-9	+
MH 17-3	+	MH 21-4	+
MH 62-1	-	MH 24-5	-
MH 37-5	-	MH 47-6	-
MH 15-5	-	MH 23-5	-
MH 6-5	-	MH 11-4	-
MH 61-3	-	MH 34-8	+
MH 63-1	-	MH 49-4	-
MH 63-6	-	MH 6-1	-
MH 23-4	-	MH 46-8	-
MH 46-9	+	MH 44-7	-
MH 24-15	+	MH 15-1	-
MH 21-2	+	MH 15-4	-
MH 12-5	-	MH 24-1	-
MH 37-3	+	MH 19-2	+
MH 12-6	-	MH 1-3	-
MH 13-5	-	MH 23-7	-
MH 52-5	-	MH 63-4	-
MH 26-6	-	MH 50-4	-
MH 13-6	-	MH 18-1	-
MH 58-6	+	MH 36-7	-
MH 53-2	+	MH 21-1	+
MH 36-8	-	MH 44-3	-
MH 60-6	-	MH 19-3	-
MH 8-6	+	MH 23-6	+
MH 20-4	-	MH 44-5	+
MH 11-5	-	MH 59-7	-
MH 28-8	-	MH 26-15	-
MH 31-2	-	MH 32-7	-
MH 27-1	-	MH 14-3	-
MH 63-3	-	MH 5-5	-
MH 29-6	-	MH 26-8	-
MH 40-6	-	MH 49-5	+
MH 11-2	-	MH 25-16	-
MH 51-6	-	MH 38-2	+
MH 8-1	+	MH 39-3	-
MH 12-4	+	MH 25-15	-
MH 25-11	-		
MH 32-5	-		

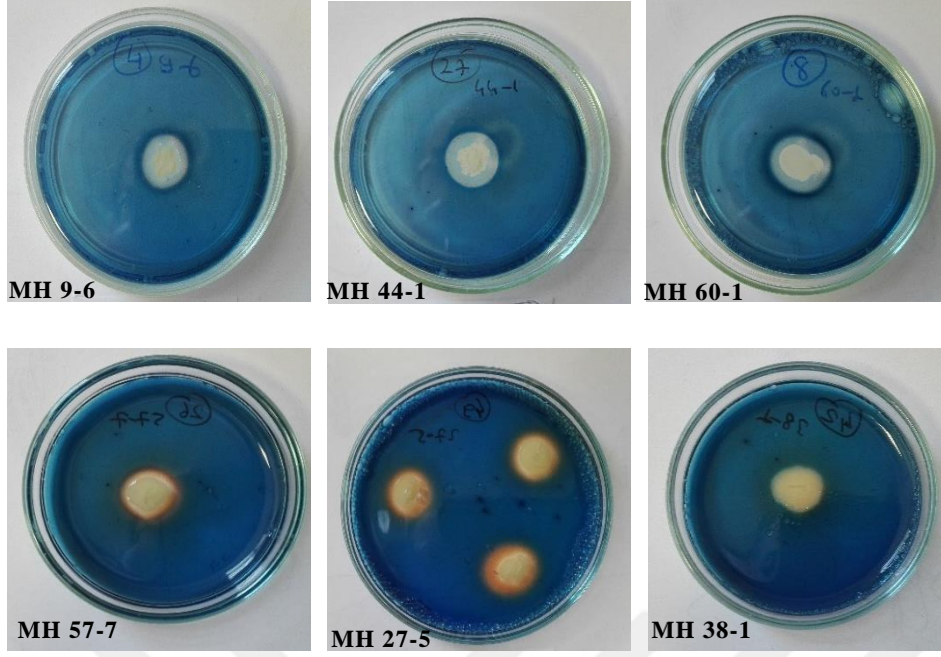
\*Tabloda yer alan (+), izolatların siderofor üretebildiklerini; (-) ise siderofor üretmediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 4.11.** İzolatların Siderofor Zon Çapları

İzolat No	Siderofor Zon Çapı (mm)	İzolat No	Siderofor Zon Çapı (mm)
MH 62-6	-	MH 38-1	11
MH 51-8	10	MH 48-6	12
MH 39-6	-	MH 25-13	-
MH 9-6	11	MH 62-3	10
MH 26-3	-	MH 64-5	4
MH 64-1	-	MH 26-2	-
MH 60-3	9	MH 29-1	-
MH 60-1	12	MH 27-5	17
MH 64-4	4	MH 43-3	3
MH 46-6	-	MH 32-8	-
MH 57-4	-	MH 30-1	-
MH 24-17	8	MH 19-1	-
MH 34-5	3	MH 21-5	3
MH 28-1	-	MH 55-7	-
MH 31-3	-	MH 34-3	-
MH 54-6	-	MH 62-2	-
MH 40-7	-	MH 6-7	-
MH 22-2	3	MH 63-5	9
MH 14-2	13	MH 56-6	-
MH 33-9	-	MH 15-6	3
MH 33-7	-	MH 25-9	-
MH 50-6	-	MH 57-1	9
MH 44-2	-	MH 35-5	-
MH 35-9	-	MH 6-4	3
MH 35-1	-	MH 17-3	3
MH 57-7	12	MH 62-1	-
MH 44-1	12	MH 37-5	-
MH 41-1	-	MH 15-5	-
MH 39-7	-	MH 6-5	-
MH 61-4	-	MH 61-3	-
MH 38-4	3	MH 63-1	-
MH 38-6	5	MH 63-6	-
MH 63-7	11	MH 23-4	-
MH 50-2	-	MH 46-9	13
MH 50-3	-	MH 24-15	5
MH 54-2	-	MH 21-2	10
MH 25-2	10	MH 12-5	-
MH 26-9	-	MH 37-3	9
MH 38-8	4	MH 12-6	-
MH 56-2	4	MH 13-5	-
MH 31-7	-	MH 52-5	-

**Tablo 4.11.** İzolatların Siderofor Zon Çapları (Devamı)

İzolat No	Siderofor Zon Çapı (mm)	İzolat No	Siderofor Zon Çapı (mm)
MH 26-6	-	MH 6-1	-
MH 13-6	-	MH 46-8	-
MH 58-6	12	MH 44-7	-
MH 53-2	15	MH 15-1	-
MH 36-8	-	MH 15-4	-
MH 60-6	-	MH 24-1	-
MH 8-6	12	MH 19-2	4
MH 20-4	-	MH 1-3	-
MH 11-5	-	MH 23-7	-
MH 28-8	-	MH 63-4	-
MH 31-2	-	MH 50-4	-
MH 27-1	-	MH 18-1	-
MH 63-3	-	MH 36-7	-
MH 29-6	-	MH 21-1	3
MH 40-6	-	MH 44-3	-
MH 11-2	-	MH 19-3	-
MH 51-6	-	MH 23-6	3
MH 8-1	11	MH 44-5	14
MH 12-4	4	MH 59-7	-
MH 25-11	-	MH 26-15	-
MH 32-5	-	MH 32-7	-
MH 58-9	-	MH 14-3	-
MH 52-6	-	MH 5-5	-
MH 27-9	8	MH 26-8	-
MH 21-4	11	MH 49-5	9
MH 24-5	-	MH 25-16	-
MH 47-6	-	MH 38-2	3
MH 23-5	-	MH 39-3	-
MH 11-4	-	MH 25-15	-
MH 34-8	3		
MH 49-4	-		



Şekil 4.13. İzolatların CAS Blue Agar'da Oluşturdukları Zonlar

#### 4.5.4. İzolatların HCN Üretim Potansiyelleri

Elde edilen izolatlar HCN üretim potansiyelleri bakımından incelendiğinde; izolatların 48 tanesinin (%33) (MH 9-6, MH 26-3, MH 34-5, MH 28-1, MH 22-2, MH 33-7, MH 50-6, MH 61-4, MH 38-6, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 48-6, MH 2 5-13, MH 62-3, MH 64-5, MH 26-2, MH 32-8, MH 30-1, MH 15-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 35-5, MH 6-4, MH 17-3, MH 37-5, MH 61-3, MH 63-6, MH 23-4, MH 13-6, MH 36-8, MH 11-5, MH 11-2, MH 51-6, MH 8-1, MH 58-9, MH 21-4, MH 47-6, MH 23-5, MH 15-1, MH 24-1, MH 19-2, MH 23-7, MH 18-1, MH 44-3, MH 14-3, MH 49-5, MH 25-16) HCN üretim yetenekleri pozitif iken 94 tanesinin (%67) de negatif olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.12, Şekil 4.13).

**Tablo 4.12.** İzolatların HCN Üretme Sonuçları

İzolat No	HCN Üretme	İzolat No	HCN Üretme
MH 62-6	-	MH 38-6	+
MH 51-8	-	MH 63-7	-
MH 39-6	-	MH 50-2	-
MH 9-6	+	MH 50-3	-
MH 26-3	+	MH 54-2	-
MH 64-1	-	MH 25-2	-
MH 60-3	-	MH 26-9	+
MH 60-1	-	MH 38-8	+
MH 64-4	-	MH 56-2	+
MH 46-6	-	MH 31-7	-
MH 57-4	-	MH 38-1	-
MH 24-17	-	MH 48-6	+
MH 34-5	+	MH 25-13	+
MH 28-1	+	MH 62-3	+
MH 31-3	-	MH 64-5	+
MH 54-6	-	MH 26-2	+
MH 40-7	-	MH 29-1	-
MH 22-2	+	MH 27-5	-
MH 14-2	-	MH 43-3	-
MH 33-9	-	MH 32-8	+
MH 33-7	+	MH 30-1	+
MH 50-6	+	MH 19-1	-
MH 44-2	-	MH 21-5	-
MH 35-9	-	MH 55-7	-
MH 35-1	-	MH 34-3	-
MH 57-7	-	MH 62-2	-
MH 44-1	-	MH 6-7	-
MH 41-1	-	MH 63-5	-
MH 39-7	-	MH 56-6	-
MH 61-4	+	MH 15-6	+
MH 38-4	-	MH 25-9	+

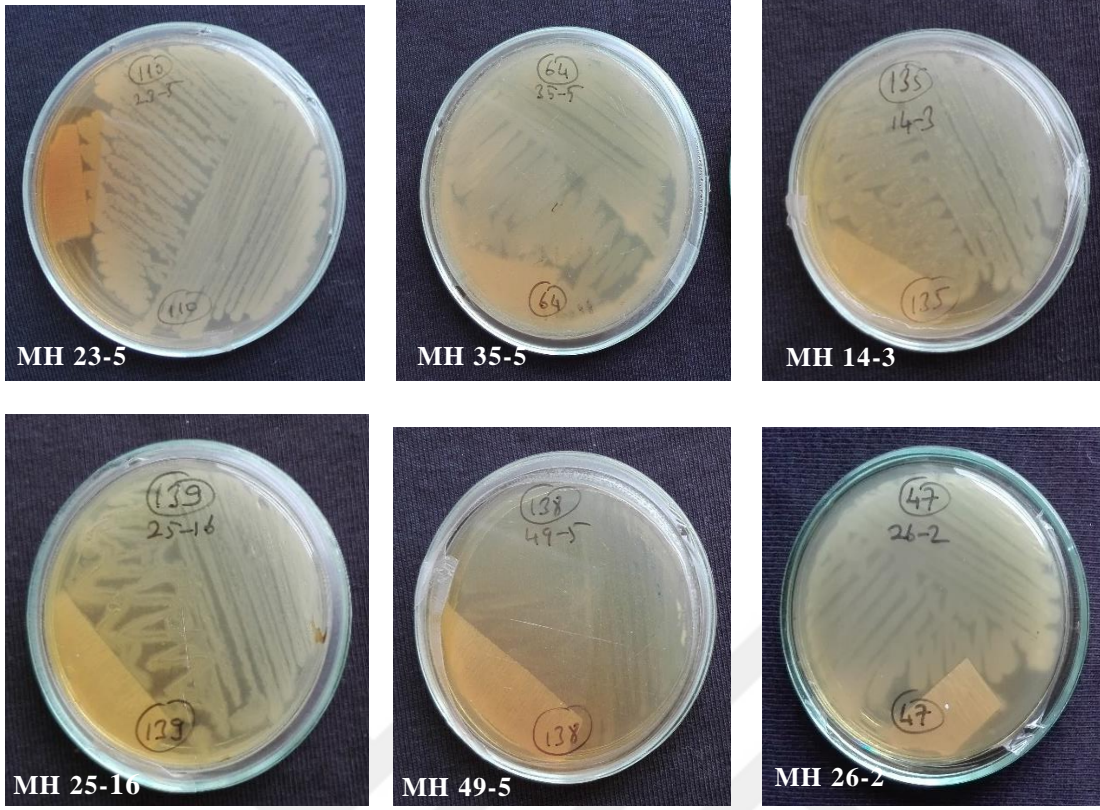
\*Tabloda yer alan (+), izolatların HCN üretebildiklerini; (-) ise HCN üretemediklerini ifade etmektedir.



**Tablo 4.12.** İzolatların HCN Üretme Sonuçları (Devamı)

İzolot No	HCN Üretme	İzolot No	HCN Üretme
MH 57-1	+	MH 58-9	+
MH 35-5	+	MH 52-6	-
MH 6-4	+	MH 27-9	-
MH 17-3	+	MH 21-4	+
MH 62-1	-	MH 24-5	-
MH 37-5	+	MH 47-6	+
MH 15-5	-	MH 23-5	+
MH 6-5	-	MH 11-4	-
MH 61-3	+	MH 34-8	-
MH 63-1	-	MH 49-4	-
MH 63-6	+	MH 6-1	-
MH 23-4	+	MH 46-8	-
MH 46-9	-	MH 44-7	-
MH 24-15	-	MH 15-1	+
MH 21-2	-	MH 15-4	-
MH 12-5	-	MH 24-1	+
MH 37-3	-	MH 19-2	+
MH 12-6	-	MH 1-3	-
MH 13-5	-	MH 23-7	+
MH 52-5	-	MH 63-4	-
MH 26-6	-	MH 50-4	-
MH 13-6	+	MH 18-1	+
MH 58-6	-	MH 36-7	-
MH 53-2	-	MH 21-1	-
MH 36-8	+	MH 44-3	+
MH 60-6	-	MH 19-3	-
MH 8-6	-	MH 23-6	-
MH 20-4	-	MH 44-5	-
MH 11-5	+	MH 59-7	-
MH 28-8	-	MH 26-15	-
MH 31-2	-	MH 32-7	-
MH 27-1	-	MH 14-3	+
MH 63-3	-	MH 5-5	-
MH 29-6	-	MH 26-8	-
MH 40-6	-	MH 49-5	+
MH 11-2	+	MH 25-16	+
MH 51-6	+	MH 38-2	-
MH 8-1	+	MH 39-3	-
MH 12-4	-	MH 25-15	-
MH 25-11	-		
MH 32-5	-		

\*Tabloda yer alan (+), izolatların HCN üretebildiklerini; (-) ise HCN üretemediklerini ifade etmektedir.



Şekil 4.14. İzolatların HCN Üretme Görüntüleri

#### 4.5.5. İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Potansiyelleri

Elde edilen izolatlar indol-3-asetik asit (IAA) üretme potansiyelleri bakımından incelendiğinde;

12 tanesinin (%8) zayıf pozitif; (MH 35-5, MH 46-9, MH 24-15, MH 58-6, MH 8-1, MH 25-11, MH 49-4, MH 6-1, MH 23-7, MH 50-4, MH 44-3, MH 44-5),

5 tanesinin (%3) orta düzeyde pozitif (MH 63-6, MH 27-1, MH 40-6, MH 27-9, MH 34-8),

11 tanesinin (%8) kuvvetli pozitif (MH 53-2, MH 8-6, MH 31-2, MH 29-6, MH 12-4, MH 58-9, MH 52-6, MH 11-4, MH 1-3, MH 21-1, MH 5-5) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.13, Şekil 4.14).

**Tablo 4.13.** İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Sonuçları

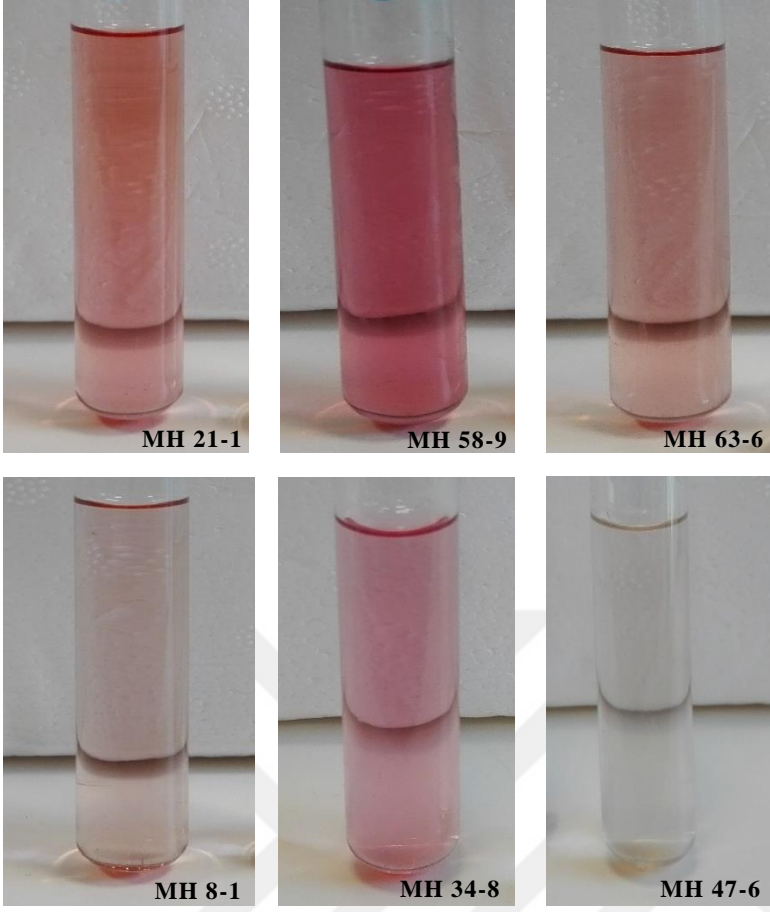
İzolat No	IAA Üretme	İzolat No	IAA Üretme
MH 62-6	-	MH 38-6	-
MH 51-8	-	MH 63-7	-
MH 39-6	-	MH 50-2	-
MH 9-6	-	MH 50-3	-
MH 26-3	-	MH 54-2	-
MH 64-1	-	MH 25-2	-
MH 60-3	-	MH 26-9	-
MH 60-1	-	MH 38-8	-
MH 64-4	-	MH 56-2	-
MH 46-6	-	MH 31-7	-
MH 57-4	-	MH 38-1	-
MH 24-17	-	MH 48-6	-
MH 34-5	-	MH 25-13	-
MH 28-1	-	MH 62-3	-
MH 31-3	-	MH 64-5	-
MH 54-6	-	MH 26-2	-
MH 40-7	-	MH 29-1	-
MH 22-2	-	MH 27-5	-
MH 14-2	-	MH 43-3	-
MH 33-9	-	MH 32-8	-
MH 33-7	-	MH 30-1	-
MH 50-6	-	MH 19-1	-
MH 44-2	-	MH 21-5	-
MH 35-9	-	MH 55-7	-
MH 35-1	-	MH 34-3	-
MH 57-7	-	MH 62-2	-
MH 44-1	-	MH 6-7	-
MH 41-1	-	MH 63-5	-
MH 39-7	-	MH 56-6	-
MH 61-4	-	MH 15-6	-
MH 38-4	-	MH 25-9	-

\*Tabloda yer alan +, izolatların zayıf derecede İndol-3-Asetik Asit (IAA) üretebildikleri; (++) orta derecede IAA üretebildiklerini (+++) kuvvetli derecede IAA üretebildiklerini (-) ise İndol-3-Asetik Asit (IAA) üretemediklerini ifade etmektedir.

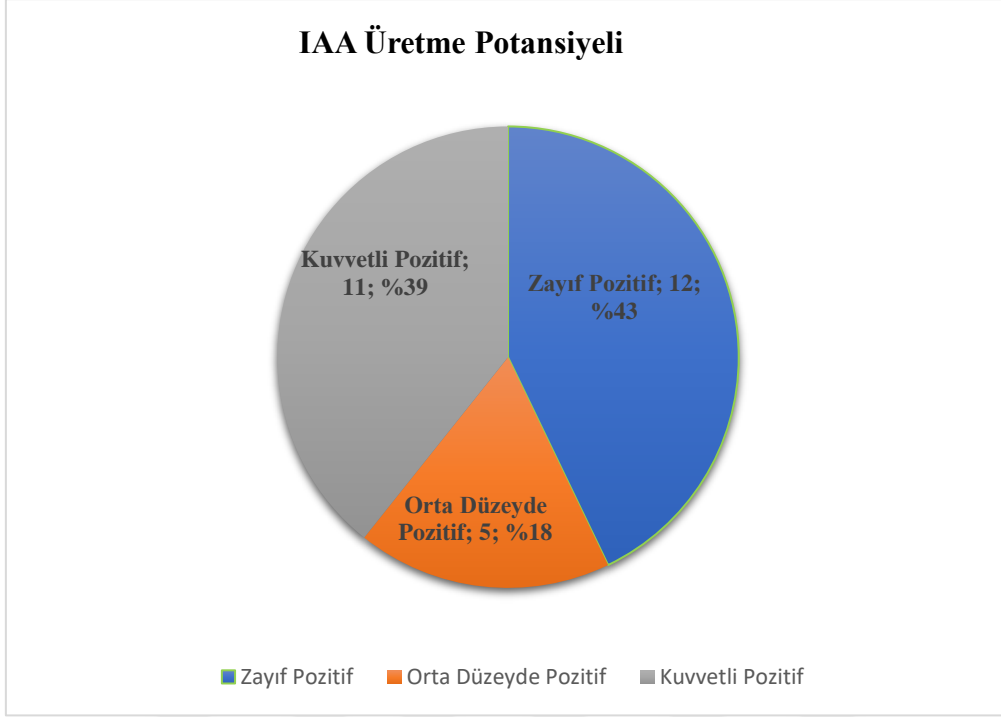
**Tablo 4.13.** İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Sonuçları (Devamı)

İzolat No	IAA Üretme	İzolat No	IAA Üretme
MH 57-1	-	MH 58-9	+++
MH 35-5	+	MH 52-6	+++
MH 6-4	-	MH 27-9	++
MH 17-3	-	MH 21-4	-
MH 62-1	-	MH 24-5	-
MH 37-5	-	MH 47-6	-
MH 15-5	-	MH 23-5	-
MH 6-5	-	MH 11-4	+++
MH 61-3	-	MH 34-8	++
MH 63-1	-	MH 49-4	+
MH 63-6	++	MH 6-1	+
MH 23-4	-	MH 46-8	-
MH 46-9	+	MH 44-7	-
MH 24-15	+	MH 15-1	-
MH 21-2	-	MH 15-4	-
MH 12-5	-	MH 24-1	-
MH 37-3	-	MH 19-2	-
MH 12-6	-	MH 1-3	+++
MH 13-5	-	MH 23-7	+
MH 52-5	-	MH 63-4	-
MH 26-6	-	MH 50-4	+
MH 13-6	-	MH 18-1	-
MH 58-6	+	MH 36-7	-
MH 53-2	+++	MH 21-1	+++
MH 36-8	-	MH 44-3	+
MH 60-6	-	MH 19-3	-
MH 8-6	+++	MH 23-6	-
MH 20-4	-	MH 44-5	+
MH 11-5	-	MH 59-7	-
MH 28-8	-	MH 26-15	-
MH 31-2	+++	MH 32-7	-
MH 27-1	++	MH 14-3	-
MH 63-3	-	MH 5-5	+++
MH 29-6	+++	MH 26-8	-
MH 40-6	++	MH 49-5	-
MH 11-2	-	MH 25-16	-
MH 51-6	-	MH 38-2	-
MH 8-1	+	MH 39-3	-
MH 12-4	+++	MH 25-15	-
MH 25-11	+		
MH 32-5	-		

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede İndol-3-Asetik Asit (IAA) üretebildikleri; (++) orta derecede IAA üretebildiklerini (+++) kuvvetli derecede IAA üretebildiklerini (-) ise İndol-3-Asetik Asit (IAA) üretemediklerini ifade etmektedir.



Şekil 4.15. İzolatların IAA Üretme Görüntüleri



Şekil 4.16. İzolatların İndol-3-Asetik Asit (IAA) Üretme Potansiyelleri

#### 4.6. İzolatların Ağır Metal Dirençliliği

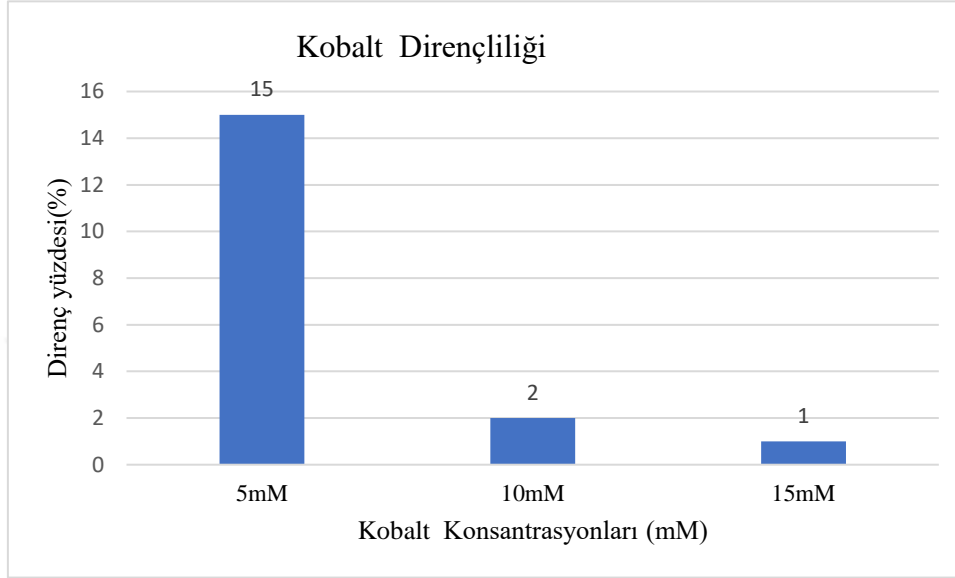
İzole edilen bakterilerin ağır metal dirençlilik düzeylerinin belirlenmesinde kontrol suşu olarak *P. aeruginosa* ATCC 27853 kullanılmıştır. Tüm ağır metal konsantrasyonları “mM” cinsinden hesaplanmıştır. *P. aeruginosa* ATCC 27853 suşuna ait zon çapları Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14. *P. aeruginosa*’ya Ait Zon Çapları (mm)

<i>P. aeruginosa</i>	5mM	10mM	15mM
CoCl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O	12	13	14
ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	11	12	14
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	12	13	15

#### 4.6.1. Kobalt Ağır Metal Dirençliliği

İzolatların kobalta karşı gösterdikleri direnç oranları incelendiğinde; toplam izolatların %15'inin 5mM'a, %2'sinin 10mM'a, %1'inin 15mM'a dirençli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17, Şekil 4.18).



Şekil 4.17. İzolatların Kobalt Dirençliliği

Tablo 4.14'deki veriler incelendiğinde; kobaltın tüm konsantrasyonlarına dirençli toplam 1 adet izolat (MH 43-3) tespit edilirken uygulanan farklı konsantrasyonlara duyarlı 21 adet izolat (MH 24-17, MH 33-9, MH 33-7, MH 35-9, MH 35-1, MH 41-1, MH 39-7, MH 54-2, MH 25-2, MH 25-13, MH 32-8, MH 30-1, MH 34-3, MH 17-3, MH 28-8, MH 15-1, MH 14-3, MH 49-5, MH 25-16, MH 38-2) tespit edilmiştir. Bunların dışındaki izolatların tamamının farklı konsantrasyonlara karşı dirençli veya duyarlı oldukları gözlemlenmiştir.

**Tablo 4.15.** İzolatların Kobalt Dirençlilikleri

CoCl <sub>2</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM	CoCl <sub>2</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM
MH 62-6	S	S	S	MH 25-13	R	S	S
MH 51-8	S	S	S	MH 62-3	S	S	S
MH 39-6	S	S	S	MH 64-5	S	S	S
MH 9-6	S	S	S	MH 26-2	S	S	S
MH 26-3	S	S	S	MH 29-1	S	S	S
MH 64-1	S	S	S	MH 27-5	S	S	S
MH 60-3	S	S	S	MH 43-3	R	R	R
MH 60-1	S	S	S	MH 32-8	R	S	S
MH 64-4	S	S	S	MH 30-1	R	S	S
MH 46-6	S	S	S	MH 19-1	S	S	S
MH 57-4	S	S	S	MH 21-5	S	S	S
MH 24-17	R	S	S	MH 55-7	S	S	S
MH 34-5	S	S	S	MH 34-3	R	S	S
MH 28-1	S	S	S	MH 62-2	S	S	S
MH 31-3	S	S	S	MH 6-7	S	S	S
MH 54-6	S	S	S	MH 63-5	S	S	S
MH 40-7	S	S	S	MH 56-6	S	S	S
MH 22-2	S	S	S	MH 15-6	S	S	S
MH 14-2	S	S	S	MH 25-9	S	S	S
MH 33-9	R	S	S	MH 57-1	S	S	S
MH 33-7	R	S	S	MH 35-5	S	S	S
MH 50-6	S	S	S	MH 6-4	S	S	S
MH 44-2	S	S	S	MH 17-3	R	S	S
MH 35-9	R	S	S	MH 62-1	S	S	S
MH 35-1	R	S	S	MH 37-5	S	S	S
MH 57-7	S	S	S	MH 15-5	S	S	S
MH 44-1	S	S	S	MH 6-5	S	S	S
MH 41-1	R	S	S	MH 61-3	S	S	S
MH 39-7	R	S	S	MH 63-1	S	S	S
MH 61-4	S	S	S	MH 63-6	S	S	S
MH 38-4	S	S	S	MH 23-4	S	S	S
MH 38-6	S	S	S	MH 46-9	S	S	S
MH 63-7	S	S	S	MH 24-15	S	S	S
MH 50-2	S	S	S	MH 21-2	S	S	S
MH 50-3	S	S	S	MH 12-5	S	S	S
MH 54-2	R	R	S	MH 37-3	S	S	S
MH 25-2	R	S	S	MH 12-6	S	S	S
MH 26-9	S	S	S	MH 13-5	S	S	S
MH 38-8	S	S	S	MH 52-5	S	S	S
MH 56-2	S	S	S	MH 26-6	S	S	S
MH 31-7	S	S	S	MH 13-6	S	S	S
MH 38-1	S	S	S	MH 58-6	S	S	S
MH 48-6	S	S	S	MH 53-2	S	S	S

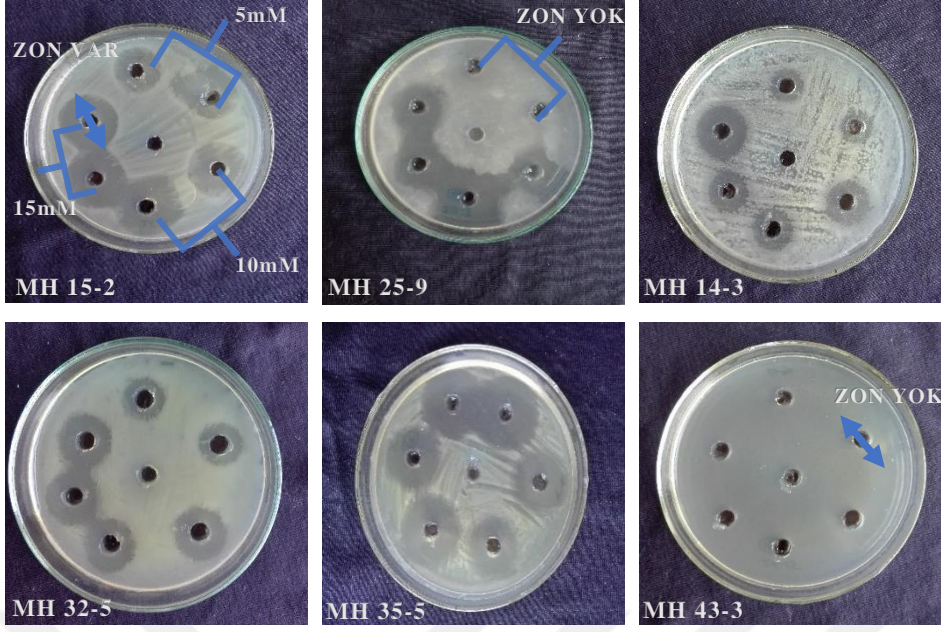
\*S= Duyarlı (Sensitive), \*R= Dirençli (Resistance)



**Tablo 4.15.** İzolatların Kobalt Dirençlilikleri (Devamı)

CoCl <sub>2</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM	CoCl <sub>2</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM
MH 36-8	S	S	S	MH 15-4	S	S	S
MH 60-6	S	S	S	MH 24-1	S	S	S
MH 8-6	S	S	S	MH 19-2	S	S	S
MH 20-4	S	S	S	MH 1-3	S	S	S
MH 11-5	S	S	S	MH 23-7	S	S	S
MH 28-8	R	R	S	MH 63-4	S	S	S
MH 31-2	S	S	S	MH 50-4	S	S	S
MH 27-1	S	S	S	MH 18-1	S	S	S
MH 63-3	S	S	S	MH 36-7	S	S	S
MH 29-6	S	S	S	MH 21-1	S	S	S
MH 40-6	S	S	S	MH 44-3	S	S	S
MH 11-2	S	S	S	MH 19-3	S	S	S
MH 51-6	S	S	S	MH 23-6	S	S	S
MH 8-1	S	S	S	MH 44-5	S	S	S
MH 12-4	S	S	S	MH 59-7	S	S	S
MH 25-11	S	S	S	MH 26-15	S	S	S
MH 32-5	S	S	S	MH 32-7	S	S	S
MH 58-9	S	S	S	MH 14-3	R	S	S
MH 52-6	S	S	S	MH 5-5	S	S	S
MH 27-9	S	S	S	MH 26-8	S	S	S
MH 21-4	S	S	S	MH 49-5	R	S	S
MH 24-5	S	S	S	MH 25-16	R	S	S
MH 47-6	S	S	S	MH 38-2	R	S	S
MH 23-5	S	S	S	MH 39-3	S	S	S
MH 11-4	S	S	S	MH 25-15	S	S	S
MH 34-8	S	S	S				
MH 49-4	S	S	S				
MH 6-1	S	S	S				
MH 46-8	S	S	S				
MH 44-7	S	S	S				
MH 15-1	R	S	S				

\*S= Duyarlı (Sensitive), \*R= Dirençli (Resistance)



Şekil 4.18. İzolatların Kobalt Dirençlilik Görüntüleri

**Tablo 4.16.** Kobalt Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi

CoCl <sub>2</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM 12±0,71	10mM 13±0,71	15mM 14±0,71
<b>Kontrol (mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>			
<b>İzolot No</b>			
MH 62-6	13,5±0,71	17,0±1,41	17,5±0,71
MH 51-8	13,5±0,71	15,0±0,00	15,0±1,41
MH 39-6	19,5±2,12	24,5±0,71*	25,0±0,00*
MH 9-6	16,0±1,41	18,5±2,12	18,0±2,83
MH 26-3	17,5±0,71	22,5±0,71*	19,0±1,41
MH 64-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 60-3	16,0±1,41	20,5±0,71*	21,0±1,41
MH 60-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 64-4	21,0±1,41	26,5±2,12	27,0±1,41
MH 46-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 57-4	20,5±3,54	25,5±0,71*	28,5±2,12
MH 24-17	10,5±0,71	16,0±1,41	15,5±0,71
MH 34-5	20,0±0,00*	20,0±0,00*	20,0±0,00*
MH 28-1	15,0±0,00	21,5±0,71*	18,5±2,12
MH 31-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	16,0±1,41
MH 54-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 40-7	16,5±0,71	18,5±2,12	20,5±0,71*
MH 22-2	22,5±0,71*	23,5±0,71*	25,5±0,71*
MH 14-2	22,5±3,54	26,5±2,12	31,0±1,41*
MH 33-9	12,5±0,71	25,0±0,00*	24,0±1,41
MH 33-7	10,5±0,71	20,5±0,71	21,5±2,12
MH 50-6	18,5±0,71*	23,5±2,12	22,5±0,71*
MH 44-2	18,5±0,71*	12,5±0,71	17,0±1,41
MH 35-9	18,5±0,71*	21,0±1,41	21,5±2,12
MH 35-1	18,5±0,71*	20,0±2,83	26,0±1,41
MH 57-7	23,5±2,12	27,5±3,54	26,0±1,41
MH 44-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 41-1	10,5±0,71	14,5±0,71	19,0±1,41
MH 39-7	11,0±1,41	18,5±2,12	21,5±3,54
MH 61-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 38-4	17,5±3,54	22,5±3,54	28,5±2,12*
MH 38-6	21,0±1,41	26,0±1,41*	27,5±0,71
MH 63-7	18,5±0,71*	24,0±2,83	22,5±3,54
MH 50-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 50-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 54-2	15,0±0,00	15,0±0,00	15,0±0,00
MH 25-2	10,5±0,71	17,0±1,41	19,0±1,41
MH 26-9	16,0±1,41	19,5±2,12	22,5±0,71*
MH 38-8	21,5±0,71*	27,5±2,12	26,0±2,83
MH 56-2	16,0±1,41	20,0±4,24	21,0±4,24
MH 31-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 38-1	15,5±0,71	20,0±0,00*	18,5±4,95
MH 48-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 25-13	10,0±1,41	14,5±0,71	19,0±1,41
MH 62-3	15,0±0,00	17,5±2,12	19,5±0,71
MH 64-5	15,5±0,71	20,0±0,00*	23,5±0,71*
MH 26-2	13,5±2,12	19,5±2,12	22,0±1,41
MH 29-1	16,5±2,12	19,0±4,24	17,0±7,07
MH 27-5	19,0±5,66	27,5±3,54	30,5±0,71*
MH 43-3	10,5±0,71	11,0±0,00	9,50±0,71
MH 32-8	10,5±0,71	17,5±2,12	19,0±2,83
MH 30-1	9,50±0,71	19,0±1,41	20,5±3,54
MH 19-1	19,0±1,41	21,5±0,71*	23,0±2,83
MH 21-5	18,5±2,12	24,5±0,71*	26,0±1,41

\* p&lt;0,05

**Tablo 4.16.** Kobalt Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi (Devamı)

CoCl <sub>2</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM	10mM	15mM
Kontrol (mm) ( <i>P. aeruginosa</i> )	12±0,71	13±0,71	14±0,71
İzolot No			
MH 55-7	24,5±0,71*	31,0±1,41*	35,0±0,00*
MH 34-3	10,5±2,12	19,0±1,41	21,5±2,12
MH 62-2	14,5±0,71	21,0±1,41	23,5±0,71*
MH 6-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 56-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 15-6	21,5±0,71*	25,0±0,00*	26,5±0,71*
MH 25-9	18,5±0,71*	16,5±2,12	17,5±0,71
MH 57-1	18,5±0,71*	17,0±1,41	19,0±4,24
MH 35-5	25,0±0,00*	27,5±3,54	31,0±1,41*
MH 6-4	15,5±0,71	16,0±1,41	22,5±3,54
MH 17-3	10,5±0,71	22,5±3,54	25,0±0,00*
MH 62-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 37-5	16,5±2,12	17,5±3,54	19,0±2,83
MH 15-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 6-5	13,5±2,12	15,5±0,71	18,5±0,71
MH 61-3	16,0±5,66	15,0±0,00	30,0±0,00*
MH 63-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 23-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 46-9	16,0±0,00	19,0±1,41	24,0±1,41
MH 24-15	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 21-2	20,0±2,83	24,0±1,41	26,5±0,71*
MH 12-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 37-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	17,5±3,54
MH 12-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 13-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 52-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 26-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 13-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 58-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 53-2	14,5±0,71	16,0±2,83	24,0±1,41
MH 36-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 60-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 8-6	16,0±1,41	25,0±0,00*	22,5±3,54
MH 20-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 11-5	18,5±0,71*	20,0±0,00*	19,0±1,41
MH 28-8	10,5±0,71	10,5±0,71	24,0±1,41
MH 31-2	19,5±0,71*	24,5±0,71*	25,5±0,71*
MH 27-1	22,5±3,54	23,5±2,12	28,5±0,71*
MH 63-3	18,5±0,71*	14,5±0,71	17,5±3,54
MH 29-6	24,5±0,71*	28,5±2,12	29,0±1,41*
MH 40-6	21,0±1,41	23,0±1,41	26,0±1,41
MH 11-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 51-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 8-1	19,0±1,41	25,5±0,71*	27,0±1,41*
MH 12-4	18,5±0,71*	26,5±0,71*	28,5±0,71*
MH 25-11	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 32-5	15,0±0,00	18,0±0,00	21,0±1,41
MH 58-9	13,5±0,71	20,0±1,41	26,0±1,41
MH 52-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 27-9	24,0±1,41	25,5±0,71*	27,5±0,71*
MH 21-4	13,0±2,83	14,0±1,41	14,0±0,00
MH 24-5	21,5±2,12	23,0±1,41	26,5±0,71*
MH 47-6	20,0±0,00*	20,0±0,00*	20,0±0,00*
MH 23-5	18,5±0,71*	17,5±3,54	19,0±1,41

\* p&lt;0,05

**Tablo 4.16.** Kobalt Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi (Devamı)

CoCl <sub>2</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM	10mM	15mM
<b>Kontrol (mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>	<b>12±0,71</b>	<b>13±0,71</b>	<b>14±0,71</b>
<b>İzolot No</b>			
MH 11-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 34-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 49-4	21,0±4,24	24,5±0,71*	28,5±0,71*
MH 6-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 46-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 44-7	17,5±0,71	22,0±0,00	23,5±2,12
MH 15-1	10,5±0,71	20,5±0,71*	19,0±1,41
MH 15-4	23,5±2,12	23,0±2,83	23,5±2,12
MH 24-1	25,0±0,00*	25,0±0,00*	25,0±0,00*
MH 19-2	22,0±4,24	26,0±1,41*	30,5±0,71*
MH 1-3	15,0±1,41	23,5±3,54	24,0±2,83
MH 23-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	20,5±0,71*
MH 63-4	15,5±0,71	21,0±1,41	24,0±1,41
MH 50-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 18-1	15,0±0,00	18,5±0,71	21,0±1,41
MH 36-7	13,5±2,12	20,5±3,54	23,5±0,71*
MH 21-1	19,0±1,41	24,5±0,71*	26,5±0,71*
MH 44-3	21,0±1,41	22,5±0,71*	25,0±1,41
MH 19-3	18,5±2,12	25,0±0,00*	26,5±0,71*
MH 23-6	22,5±0,71*	26,5±0,71*	30,5±0,71*
MH 44-5	16,5±0,71	21,0±2,83	21,5±0,71*
MH 59-7	20,5±0,71*	26,5±2,12	28,5±0,71*
MH 26-15	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 32-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 14-3	10,5±0,71	16,5±0,71	19,5±2,12
MH 5-5	21,0±1,41	25,0±0,00*	25,5±0,71*
MH 26-8	18,5±0,71*	16,0±1,41	12,5±0,71
MH 49-5	11,0±1,41	17,5±3,54	20,5±0,71*
MH 25-16	10,5±0,71	20,5±0,71*	19,0±4,24
MH 38-2	12,0±0,00	16,5±2,12	19,5±0,71
MH 39-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 25-15	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71

\* p&lt;0,05

Tablo 4.16’de istatistiksel veriler incelendiğinde; kobalt ağır metalinin 5mM konsantrasyonu için 142 izolat arasından 93 izolatın (MH 62-6, MH 51-8, MH 39-6, MH 9-6, MH 26-3, MH 64-1, MH 60-3, MH 60-1, MH 46-6, MH 28-1, MH 31-3, MH 54-6, MH 40-7, MH 33-9, MH 50-6, MH 44-2, MH 35-9, MH 35-1, MH 44-1, MH 61-4, MH 38-4, MH 63-7, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 26-9, MH 56-2, MH 31-7, MH 38-1, MH 48-6, MH 62-3, MH 64-5, MH 26-2, MH 29-1, MH 21-5, MH 6-7, MH 63-5, MH 56-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 6-4, MH 62-1, MH 37-5, MH 15-5, MH 6-5, MH 61-3, MH 63-1, MH 63-6, MH 23-4, MH 46-9, MH 24-15, MH 12-5, MH 37-3, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 36-8, MH 60-6, MH 8-6, MH 20-4, MH 11-5, MH 63-3, MH 11-2, MH 51-6, MH 12-4, MH 25-11, MH 32-5, MH 58-9, MH 52-6, MH 21-4, MH 23-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 6-1, MH 46-8, MH 44-7, MH 1-3,

MH 23-7, MH 63-4, MH 50-4, MH 18-1, MH 36-7, MH 19-3, MH 44-5, MH 26-15, MH 32-7, MH 26-8, MH 39-3, MH 25-15 )  $12\pm 0,71$  zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede kobalta duyarlı olduğu görülmüştür.

Her ne kadar istatistiksel olarak anlamlı derecede olmasa da 32 izolatın (MH 39-6, MH 64-4, MH 57-4, MH 34-5, MH 22-2, MH 14-2, MH 57-7, MH 38-6, MH 38-8, MH 27-5, MH 55-7, MH 15-6, MH 35-5, MH 21-2, MH 31-2, MH 27-1, MH 29-6, MH 40-6, MH 8-1, MH 27-9, MH 24-5, MH 47-6, MH 19-1, MH 49-4, MH 15-4, MH 24-1, MH 19-2, MH 21-1, MH 44-3, MH 23-6, MH 59-7, MH 5-5) kontrol suşuna oranla kobalta daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 5mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 17 izolatın (MH 24-17, MH 33-7, MH 41-1, MH 39-7, MH 25-2, MH 25-13, MH 43-3, MH 32-8, MH 30-1, MH 34-3, MH 17-3, MH 28-8, MH 15-1, MH 14-3, MH 49-5, MH 25-16, MH 38-2) kontrol suşuna göre daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla kobalta karşı dirençli olduğu söylenebilir (Tablo 4.16).

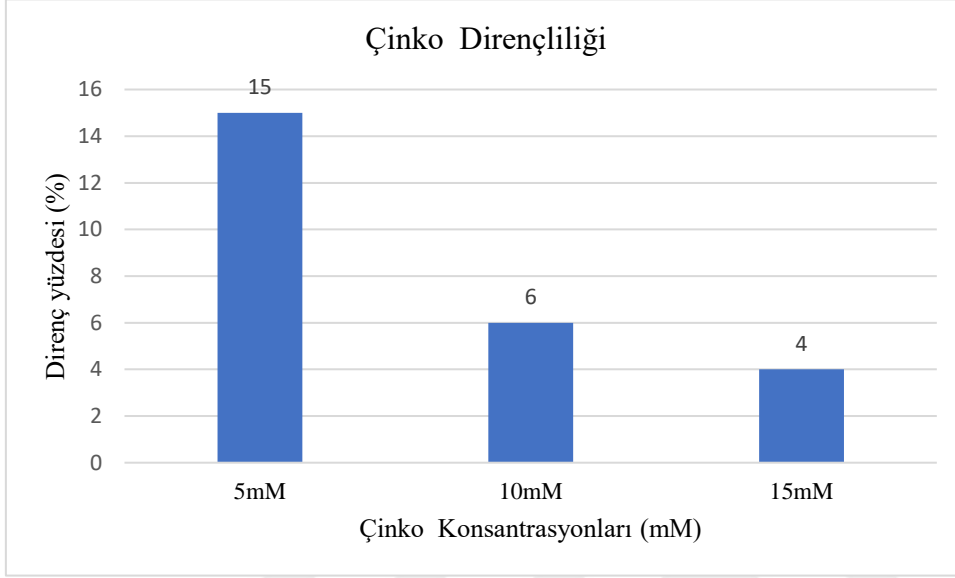
Tablo 4.16'de istatistiksel veriler incelendiğinde benzer şekilde kobalt ağır metalinin 10mM konsantrasyon için 142 izolat arasından 73 izolatın ( MH 62-6, MH 51-8, MH 9-6, MH 6 4-1, MH 6 0-1, MH 46-6, MH 24-17, MH 31-3, MH 54-6, MH 40-7, MH 44-1, MH 41-1, MH 39-7, MH 61-4, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 25-2, MH 31-7, MH 48-6, MH 25-13, MH 62-3, MH 32-8, MH 6-7, MH 63-5, MH 56-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 6-4, MH 62-1, MH 37-5, MH 15-5, MH 6-5, MH 61-3, MH 63-1, MH 63-6, MH 23-4, MH 24-15, MH 12-5, MH 37-3, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 36-8, MH 60-6, MH 20-4, MH 63-3, MH 11-2, MH 51-6, MH 25-11, MH 32-5, MH 52-6, MH 21-4, MH 23-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 6-1, MH 46-8, MH 23-7, MH 50-4, MH 18-1, MH 26-15, MH 32-7, MH 14-3, MH 26-8, MH 49-5, MH 38-2, MH 39-3, MH 25-15 )  $13\pm 0,71$  zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede kobalta duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p<0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 67 izolatın ( MH 39-6, MH 26-3, MH 60-3, MH 64-4, MH 57-4, MH 34-5, MH 28-1, MH 22-2, MH 14-2, MH 33-9, MH 33-7, MH 50-6, MH 35-9, MH 35-1, MH 57-7, MH 38-4, MH 38-6, MH 63-7, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 38-1, MH 64-5, MH 26-2, MH 29-1, MH 27-5, MH 30-1, MH 19-1, MH 21-5, MH 34-3, MH 62-2, MH 15-6, MH 35-5, MH 17-3, MH 46-9, MH 21-2, MH 8-6, MH 11-5, MH 31-2, MH 27-1, MH 29-6, MH 40-6, MH 8-1, MH 12-4, MH 58-9, MH 27-9, MH 24-5, MH 47-6, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-1, MH 15-4, MH 24-1, MH 19-2, MH 1-3, MH 63-4, MH 36-7, MH 21-1, MH 44-3, MH 19-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 59-7, MH 5-5, MH 25-16)

kontrol suşuna oranla kobalta daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 10mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 2 izolatın ise (MH 44-2, MH 43-3) kontrol suşuna göre daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla kobalta karşı dirençli olduğu söylenebilir.

Tablo 4.16'deki istatistiksel veriler incelendiğinde benzer şekilde kobalt ağır metalinin 15mM konsantrasyon için 142 izolat arasından 58 izolatın (MH 62-6, MH 51-8, MH 9-6, MH 64-1, MH 60-1, MH 46-6, MH 24-17, MH 28-1, MH 3 1-3, MH 54-6, MH 44-2, MH 44-1, MH 61-4, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 31-7, MH 38-1, MH 48-6, MH 29-1, MH 6-7, MH 63-5, MH 25-9, MH 62-1, MH 15-5, MH 6-5, MH 63-1, MH 63-6, MH 23-4, MH 24-15, MH 12-5, MH 37-3, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 58-6, MH 36-8, MH 60-6, MH 20-4, MH 63-3, MH 11-2, MH 51-6, MH 25-11, MH 52-6, MH 11-4, MH 34-8, MH 6-1, MH 46-8, MH 50-4, MH 26-15, MH 32-7, MH 39-3, MH 25-15 )  $14 \pm 0,71$  zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede kobalta duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 82 izolatın (MH 39-6, MH 26-3, MH 60-3, MH 64-4, MH 57-4, MH 34-5, MH 40-7, MH 22-2, MH 14-2, MH 33-9, MH 33-7, MH 50-6, MH 35-9, MH 35-1, MH 57-7, MH 41-1, MH 39-7, MH 38-4, MH 38-6, MH 25-2, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 25-13, MH 62-3, MH 64-5, MH 26-2, MH 27-5, MH 32-8, MH 30-1, MH 19-1, MH 21-5, MH 55-7, MH 34-3, MH 62-2, MH 15-6, MH 57-1, MH 35-5, MH 6-4, MH 17-3, MH 37-5, MH 61-3, MH 46-9, MH 21-2, MH 53-2, MH 8-6, MH 11-5, MH 28-8, MH 31-2, MH 27-1, MH 29-6, MH 40-6, MH 8-1, MH 12-4, MH 32-5, MH 58-9, MH 27-9, MH 24-5, MH 47-6, MH 23-5, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-1, MH 15-4, MH 24-1, MH 19-2, MH 1-3, MH 23-7, MH 63-4, MH 18-1, MH 36-7, MH 21-1, MH 44-3, MH 19-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 59-7, MH 14-3, MH 5-5, MH 49-5, MH 25-16, MH 38-2 ) kontrol suşuna oranla kobalta daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 15mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 2 izolatın (MH 43-3, MH 26-8) daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla kobalta karşı dirençli olduğu söylenebilir.

#### 4.6.2. İzolatların Çinko (ZnSO<sub>4</sub>) Ağır Metal Dirençliliği

İzolatların Şekil 4.21’de çinkoya karşı gösterdikleri direnç oranları değerlendirildiğinde; izolatların %15’inin 5mM’a, %6’sının 10mM’a, %4’ünün 15mM’a direnç gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 4.19, Şekil 4.20).



Şekil 4.19. İzolatların Çinko Dirençliliği

Tablo 4.16’deki veriler incelendiğinde; çinkonun tüm konsantrasyonlarına dirençli 6 izolat (MH 57-7, MH 38-1, MH 21-4, MH 15-4, MH 19-3, MH 26-8) tespit edilirken uygulanan farklı konsantrasyonlara duyarlı 15 izolat (MH 64-4, MH 14-2, MH 38-6, MH 29-1, MH 56-6, MH 6-5, MH 23-4, MH 48-6, MH 63-4, MH 44-3, MH 32-5, MH 14-3, MH 27-9, MH 25-16, MH 49-4) belirlenmiştir. Bunların dışındaki izolatların tamamının farklı konsantrasyonlara karşı dirençli veya duyarlı oldukları görülmüştür.



**Tablo 4.17.** İzolatların Çinko Dirençlilikleri

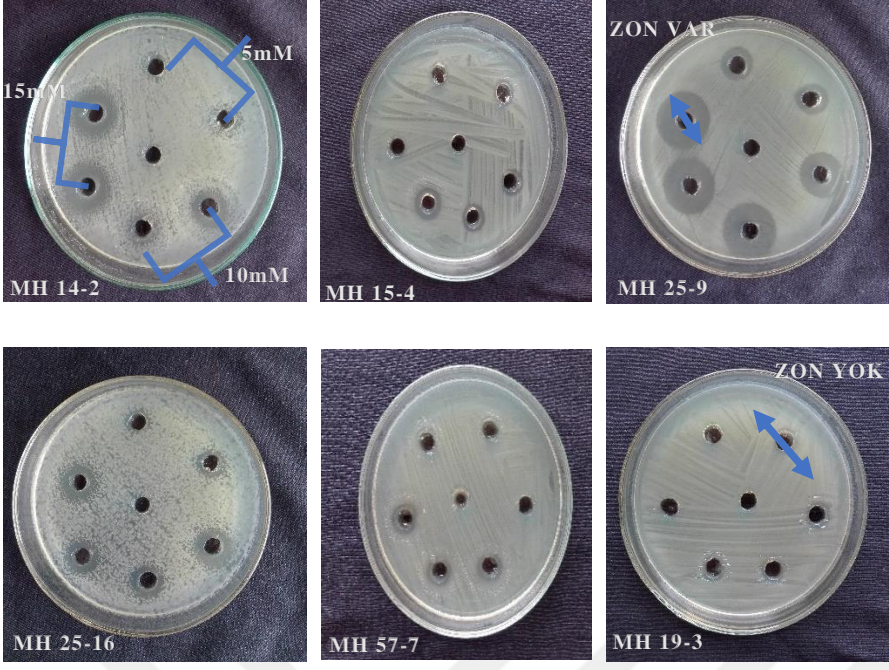
ZnSO <sub>4</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM	ZnSO <sub>4</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM
MH 62-6	S	S	S	MH 25-13	S	S	S
MH 51-8	S	S	S	MH 62-3	S	S	S
MH 39-6	S	S	S	MH 64-5	S	S	S
MH 9-6	S	S	S	MH 26-2	S	S	S
MH 26-3	S	S	S	MH 29-1	R	S	S
MH 64-1	S	S	S	MH 27-5	S	S	S
MH 60-3	S	S	S	MH 43-3	S	S	S
MH 60-1	S	S	S	MH 32-8	S	S	S
MH 64-4	R	S	S	MH 30-1	S	S	S
MH 46-6	S	S	S	MH 19-1	S	S	S
MH 57-4	S	S	S	MH 21-5	S	S	S
MH 24-17	S	S	S	MH 55-7	S	S	S
MH 34-5	S	S	S	MH 34-3	S	S	S
MH 28-1	S	S	S	MH 62-2	S	S	S
MH 31-3	S	S	S	MH 6-7	S	S	S
MH 54-6	S	S	S	MH 63-5	S	S	S
MH 40-7	S	S	S	MH 56-6	R	S	S
MH 22-2	S	S	S	MH 15-6	S	S	S
MH 14-2	R	S	S	MH 25-9	S	S	S
MH 33-9	S	S	S	MH 57-1	S	S	S
MH 33-7	S	S	S	MH 35-5	S	S	S
MH 50-6	S	S	S	MH 6-4	S	S	S
MH 44-2	S	S	S	MH 17-3	S	S	S
MH 35-9	S	S	S	MH 62-1	S	S	S
MH 35-1	S	S	S	MH 37-5	S	S	S
MH 57-7	R	R	R	MH 15-5	S	S	S
MH 44-1	S	S	S	MH 6-5	R	R	S
MH 41-1	S	S	S	MH 61-3	S	S	S
MH 39-7	S	S	S	MH 63-1	S	S	S
MH 61-4	S	S	S	MH 63-6	S	S	S
MH 38-4	S	S	S	MH 23-4	R	R	S
MH 38-6	R	S	S	MH 46-9	S	S	S
MH 63-7	S	S	S	MH 24-15	S	S	S
MH 50-2	S	S	S	MH 21-2	S	S	S
MH 50-3	S	S	S	MH 12-5	S	S	S
MH 54-2	S	S	S	MH 37-3	S	S	S
MH 25-2	S	S	S	MH 12-6	S	S	S
MH 26-9	S	S	S	MH 13-5	S	S	S
MH 38-8	S	S	S	MH 52-5	S	S	S

\*S= Duyarlı (Sensitive), \*R= Dirençli (Resistance)

**Tablo 4.17.** İzolatların Çinko Dirençlilikleri (Devamı)

ZnSO <sub>4</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM	ZnSO <sub>4</sub> İzolat No	5mM	10mM	15mM
MH 56-2	S	S	S	MH 26-6	S	S	S
MH 31-7	S	S	S	MH 13-6	S	S	S
MH 38-1	R	R	R	MH 58-6	S	S	S
MH 48-6	R	S	S	MH 53-2	S	S	S
MH 36-8	S	S	S	MH 46-8	S	S	S
MH 60-6	S	S	S	MH 44-7	S	S	S
MH 8-6	S	S	S	MH 15-1	S	S	S
MH 20-4	S	S	S	MH 15-4	R	R	R
MH 11-5	S	S	S	MH 24-1	S	S	S
MH 28-8	S	S	S	MH 19-2	S	S	S
MH 31-2	S	S	S	MH 1-3	S	S	S
MH 27-1	S	S	S	MH 23-7	S	S	S
MH 63-3	S	S	S	MH 63-4	R	R	S
MH 29-6	S	S	S	MH 50-4	S	S	S
MH 40-6	S	S	S	MH 18-1	S	S	S
MH 11-2	S	S	S	MH 36-7	S	S	S
MH 51-6	S	S	S	MH 21-1	S	S	S
MH 8-1	S	S	S	MH 44-3	R	S	S
MH 12-4	S	S	S	MH 19-3	R	R	R
MH 25-11	S	S	S	MH 23-6	S	S	S
MH 32-5	R	S	S	MH 44-5	S	S	S
MH 58-9	S	S	S	MH 59-7	S	S	S
MH 52-6	S	S	S	MH 26-15	S	S	S
MH 27-9	R	S	S	MH 32-7	S	S	S
MH 21-4	R	R	R	MH 14-3	R	S	S
MH 24-5	S	S	S	MH 5-5	S	S	S
MH 47-6	S	S	S	MH 26-8	R	R	R
MH 23-5	S	S	S	MH 49-5	S	S	S
MH 11-4	S	S	S	MH 25-16	R	S	S
MH 34-8	S	S	S	MH 38-2	S	S	S
MH 49-4	R	S	S	MH 39-3	S	S	S
MH 6-1	S	S	S	MH 25-15	S	S	S

\*S= Duyarlı (Sensitive), \*R= Dirençli (Resistance)



Şekil 4.20. İzolatların Çinko Dirençlilik Görüntüleri

**Tablo 4.18.** Çinko Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi

ZnSO <sub>4</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM 11,0±0,71	10mM 12±0,71	15mM 14±0,71
<b>Kontrol(mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>			
<b>İzolat No</b>			
MH 62-6	15,5±0,71	17,5±0,71	24,0±1,41
MH 51-8	19,0±1,41	20,0±0,00*	25,5±0,71*
MH 39-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 9-6	16,0±1,41	26,0±1,41*	27,5±0,71*
MH 26-3	25,5±3,54	31,0±1,41*	35,0±0,00*
MH 64-1	13,5±0,71	17,5±0,71	21,0±1,41
MH 60-3	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 60-1	16,0±1,41	20,0±0,00*	24,5±0,71*
MH 64-4	10,0±1,41	21,5±4,95	22,5±3,54
MH 46-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 57-4	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 24-17	19,0±1,41	21,5±0,71*	24,0±1,41
MH 34-5	20,0±0,00*	20,0±0,00*	20,0±0,00*
MH 28-1	13,0±1,41	18,5±0,71*	16,0±1,41
MH 31-3	18,5±0,71*	15,0±4,24	22,5±0,71*
MH 54-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 40-7	16,5±2,12	21,5±0,71*	26,5±2,12
MH 22-2	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 14-2	8,50±0,71	23,5±2,12	22,5±3,54
MH 33-9	21,0±1,41	21,5±2,12	25,0±0,00*
MH 33-7	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 50-6	19,5±0,71*	20,0±0,00*	25,0±0,00*
MH 44-2	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 35-9	18,5±0,71*	16,0±1,41	17,0±1,41
MH 35-1	18,5±0,71*	16,5±2,12	16,0±1,41
MH 57-7	9,50±2,12	11,5±0,71	11,0±1,41
MH 44-1	20,5±0,71*	22,0±0,00	22,5±3,54
MH 41-1	18,5±0,71*	14,0±2,83	16,0±0,00
MH 39-7	18,5±0,71*	14,5±0,71	21,5±0,71*
MH 61-4	18,5±0,71*	17,5±0,71	18,5±0,71
MH 38-4	14,5±0,71	17,5±0,71	22,5±3,54
MH 38-6	8,00±1,41	17,5±0,71	20,5±0,71*
MH 63-7	14,0±1,41	15,5±3,54	22,0±0,00*
MH 50-2	18,5±0,71*	15,0±0,00	22,5±3,54
MH 50-3	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 54-2	15,0±0,00	15,0±0,00	15,0±0,00
MH 25-2	18,5±0,71*	15,0±0,00	18,0±2,83
MH 26-9	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±2,12
MH 38-8	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 56-2	18,5±0,71*	18,5±0,71*	19,0±1,41
MH 31-7	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 38-1	7,50±0,71	10,0±1,41	11,5±0,71
MH 48-6	8,50±0,71	19,0±1,41	20,5±3,54
MH 25-13	18,5±0,71*	12,5±0,71	14,5±0,71
MH 62-3	18,5±0,71*	18,5±0,71*	15,5±0,71
MH 64-5	29,0±1,41*	29,0±1,41*	32,0±2,83
MH 26-2	18,5±0,71*	13,5±0,71	17,0±1,41
MH 29-1	8,50±0,71	20,0±0,00	21,5±0,71*
MH 27-5	15,5±0,71	15,5±2,12	19,5±7,78
MH 43-3	18,5±0,71*	13,5±0,71	18,0±1,41
MH 32-8	15,5±0,71	20,0±0,00	18,0±2,83
MH 30-1	18,5±0,71*	15,0±0,00	17,5±0,71
MH 19-1	14,5±0,71	13,5±0,71	15,5±0,71
MH 21-5	18,5±0,71*	14,0±1,41	16,0±0,00

\* p&lt;0,05

**Tablo 4.18.** Çinko Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi (Devamı)

ZnSO <sub>4</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM 11±0,71	10mM 12±0,71	15mM 14±0,71
<b>Kontrol(mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>			
<b>İzolot No</b>			
MH 55-7	20,5±0,71*	24,5±0,71*	26,0±1,41
MH 34-3	18,5±0,71*	14,0±1,41	19,5±2,12
MH 62-2	21,0±1,41	22,5±0,71	23,0±0,00*
MH 6-7	18,5±0,71	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-5	18,5±0,71	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 56-6	10,0±1,41	20,0±0,00*	25,0±0,00*
MH 15-6	18,5±0,71*	22,0±0,00*	25,0±0,00*
MH 25-9	18,5±0,71*	17,0±1,41	16,5±0,71
MH 57-1	18,5±0,71*	18,5±0,71*	15,0±0,00
MH 35-5	18,5±0,71*	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 6-4	18,5±0,71*	15,5±0,71	17,0±1,41
MH 17-3	18,5±0,71*	15,0±1,41	15,5±0,71
MH 62-1	29,0±1,41*	30,0±0,00*	33,5±2,12*
MH 37-5	18,5±0,71*	15,0±0,00	15,5±0,71
MH 15-5	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 6-5	9,50±0,71	8,50±0,71	16,0±1,41
MH 61-3	13,5±2,12	19,0±1,41	22,5±0,71
MH 63-1	18,5±0,71*	16,5±2,12	20,0±0,00*
MH 63-6	18,5±0,71*	20,5±0,71*	23,5±2,12
MH 23-4	8,50±0,71	10,5±0,71	18,0±2,83
MH 46-9	21,5±0,71*	25,5±0,71*	29,0±1,41*
MH 24-15	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 21-2	18,5±0,71*	20,0±0,00*	27,0±0,00*
MH 12-5	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 37-3	22,5±3,54	25,0±0,00*	28,0±0,00*
MH 12-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 13-5	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 52-5	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 26-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	15,5±0,71
MH 13-6	16,0±1,41	18,0±2,83	21,0±1,41
MH 58-6	16,0±1,41	19,5±0,71*	22,0±1,41
MH 53-2	17,5±3,54	19,5±3,54	25,5±0,71*
MH 36-8	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 60-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 8-6	18,5±0,71*	19,0±1,41	21,5±0,71*
MH 20-4	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 11-5	18,5±0,71*	19,0±1,41	20,5±0,71*
MH 28-8	20,0±2,83	24,0±1,41	25,0±0,00*
MH 31-2	17,5±3,54	26,0±1,41*	25,5±0,71*
MH 27-1	21,5±2,12	18,0±2,83	22,5±3,54
MH 63-3	19,0±4,24	22,5±3,54	27,5±2,12
MH 29-6	16,5±0,71	16,5±2,12	23,5±2,12
MH 40-6	16,5±0,71	18,5±3,54	22,0±1,41
MH 11-2	13,5±0,71	17,5±0,71	19,5±2,12
MH 51-6	13,0±1,41	14,0±1,41	15,0±0,00
MH 8-1	18,5±0,71*	17,5±3,54	22,0±2,83
MH 12-4	19,0±1,41	22,0±2,83	23,5±2,12
MH 25-11	15,5±0,71	25,0±0,00*	22,5±0,71*
MH 32-5	9,50±0,71	24,0±2,83	27,0±1,41*
MH 58-9	18,5±3,54	22,0±2,83	23,5±2,12
MH 52-6	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 27-9	8,50±0,71	19,0±1,41	19,0±1,41

\* p&lt;0,05

**Tablo 4.18.** Çinko Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi (Devamı)

ZnSO <sub>4</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM	10mM	15mM
Kontrol(mm) ( <i>P. aeruginosa</i> )	11±0,71	12±0,71	14±0,71
İzolat No			
MH 21-4	8,50±0,71	11,0±1,41	12,5±2,12
MH 24-5	25,5±0,71*	23,5±2,12	27,5±0,71*
MH 47-6	20,0±0,00	20,0±0,00*	20,0±0,00*
MH 23-5	18,5±0,71*	18,0±0,00*	19,5±3,54
MH 11-4	18,5±0,71*	17,0±0,00	18,5±0,71
MH 34-8	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 49-4	8,50±0,71	15,0±0,00	15,5±0,71
MH 6-1	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 46-8	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 44-7	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 15-1	18,5±0,71*	14,0±1,41	17,5±0,71
MH 15-4	8,50±0,71	10,5±2,12	12,5±0,71
MH 24-1	25,0±0,00*	25,0±0,00*	25,0±0,00*
MH 19-2	18,5±0,71*	14,5±0,71	19,5±2,12
MH 1-3	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 23-7	18,5±0,71*	14,0±1,41	18,5±0,71
MH 63-4	9,50±0,71	10,5±0,71	17,5±2,12
MH 50-4	21,0±1,41	25,5±0,71*	30,5±0,71*
MH 18-1	18,5±0,71*	13,5±0,71	14,0±1,41
MH 36-7	18,5±0,71*	15,5±3,54	15,5±0,71
MH 21-1	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 44-3	10,5±0,71	14,5±0,71	15,5±2,12
MH 19-3	8,50±0,71	9,00±1,41	11,0±0,00
MH 23-6	18,5±0,71*	14,0±2,83	15,5±0,71
MH 44-5	18,5±0,71*	12,5±0,71	14,0±0,00
MH 59-7	14,0±1,41	15,5±3,54	18,5±0,71
MH 26-15	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 32-7	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 14-3	9,50±0,71	15,0±1,41	16,5±0,71
MH 5-5	14,5±0,71	20,5±3,54	23,0±1,41
MH 26-8	8,00±1,41	10,5±0,71	11,5±2,12
MH 49-5	18,5±0,71*	16,0±1,41	16,5±2,12
MH 25-16	9,50±0,71	15,5±0,71	15,5±2,12
MH 38-2	18,5±0,71*	14,5±0,71	17,5±0,71
MH 39-3	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71
MH 25-15	18,5±0,71*	18,5±0,71*	18,5±0,71

\* p&lt;0,05

Tablo 4.18'deki istatistiksel veriler incelendiğinde; çinko ağır metalinin 5mM konsantrasyonu için 142 izolat arasından 24 izolatın (MH 62-6, MH 9-6, MH 64-1, MH 60-1, MH 28-1, MH 40-7, MH 38-4, MH 63-7, MH 54-2, MH 27-5, MH 32-8, MH 19-1, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 61-3, MH 31-2, MH 29-6, MH 40-6, MH 11-2, MH 25-11, MH 59-7, MH 5-5, MH 51-6) 11,0±0,71mm zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede çinkoya duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak (p<0,05) anlamlı derecede olmasa da 97 izolatın (MH 51-8, MH 39-6, MH 26-3, MH 60-3, MH 46-6, MH 57-4, MH 24-17, MH 34-5, MH 31-3, MH 54-6, MH 22-2, MH 33-9, MH 33-7, MH 50-6, MH 44-2, MH 35-9, MH 35-1, MH 44-1, MH 41-1,

MH 39-7, MH 61-4, MH 50-2, MH 50-3, MH 25-2, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 31-7, MH 25-13, MH 62-3, MH 4-5, MH 26-2, MH 43-3, MH 30-1, MH 21-5, MH 55-7, MH 34-3, MH 62-2, MH 6-7, MH 63-5, MH 15-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 35-5, MH 6-4, MH 17-3, MH 62-1, MH 37-5, MH 15-5, MH 63-1, MH 63-6, MH 46-9, MH 24-15, MH 21-2, MH 12-5, MH 37-3, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 36-8, MH 60-6, MH 8-6, MH 20-4, MH 11-5, MH 28-8, MH 27-1, MH 63-3, MH 8-1, MH 12-4, MH 58-9, MH 52-6, MH 24-5, MH 47-6, MH 23-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 6-1, MH 46-8, MH 44-7, MH 15-1, MH 24-1, MH 19-2, MH 1-3, MH 23-7, MH 50-4, MH 18-1, MH 36-7, MH 21-1, MH 23-6, MH 44-5, MH 26-15, MH 32-7, MH 49-5, MH 38-2, MH 39-3, MH 25-15) kontrol suşuna oranla çinkoya daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 5mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 21 izolatın (MH 64-4, MH 14-2, MH 57-7, MH 38-6, MH 38-1, MH 48-6, MH 29-1, MH 56-6, MH 6-5, MH 23-4, MH 32-5, MH 27-9, MH 21-4, MH 49-4, MH 15-4, MH 63-4, MH 44-3, MH 19-3, MH 14-3, MH 26-8, MH 25-16) bu suşa göre daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla çinkoya karşı dirençli olduğu değerlendirilebilir.

Tablo 4.18'deki istatistiksel veriler incelendiğinde; benzer şekilde çinko ağır metalinin 10mM konsantrasyonu için 142 izolat arasından 94 izolatın (MH 62-6, MH 39-6,, MH 64-1, MH 60-3, MH 46-6, MH 57-4, MH 28-1, MH 31-3, MH 54-6, MH 22-2, MH 33-7, MH 44-2, MH 35-9, MH 35-1, MH 41-1, MH 39-7, MH 61-4, MH 38-4, MH 38-6, MH 63-7, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 25-2, MH 26-9, MH38-8, MH 56-2, MH 31-7, MH 48-6, MH 25-13, MH 62-3, MH 26-2, MH 27-5, MH 43-3, MH 30-1, MH 19-1, MH 21-5, , MH 34-3, MH 6-7, MH 63-5, MH 25-9, MH 57-1, MH 35-5, MH 6-4, MH 17-3, MH 37-5,, MH 15-5, MH 61-3, MH 63-1, MH 24-15, MH 12-5, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 36-8, MH 60-6, MH 8-6, MH 20-4, MH 11-5, MH 27-1, MH 29-6, MH 40-6, MH 11-2, MH 51-6, MH 8-1, MH 52-6, MH 27-9, MH 23-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 49-4, MH 6-1, MH 46-8, MH 44-7, MH 15-1, MH 19-2, MH 1-3, MH 23-7, MH 18-1, MH 36-7, MH 21-1, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 59-7, MH 26-15, MH 32-7, MH 14-3, MH 49-5, MH 25-16, MH 38-2, MH 39-3, MH 25-15)  $12 \pm 0,71$  zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede çinkoya duyarlı olduğu gözlenmiştir. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 38 izolatın (MH 51-8, MH 9-6, MH 26-3, MH 60-1, MH 64-4, MH 24-17, MH 34-5, MH 40-7, MH 14-2, MH 33-9, MH 50-6, MH 44-1, MH 64-5, MH 29-1, MH 32-8, MH 55-7, MH 62-2, MH 56-6, MH 15-6, MH 62-1, MH 63-6, MH 46-9, MH 21-2, MH 37-3, MH 58-6, MH 53-2, MH

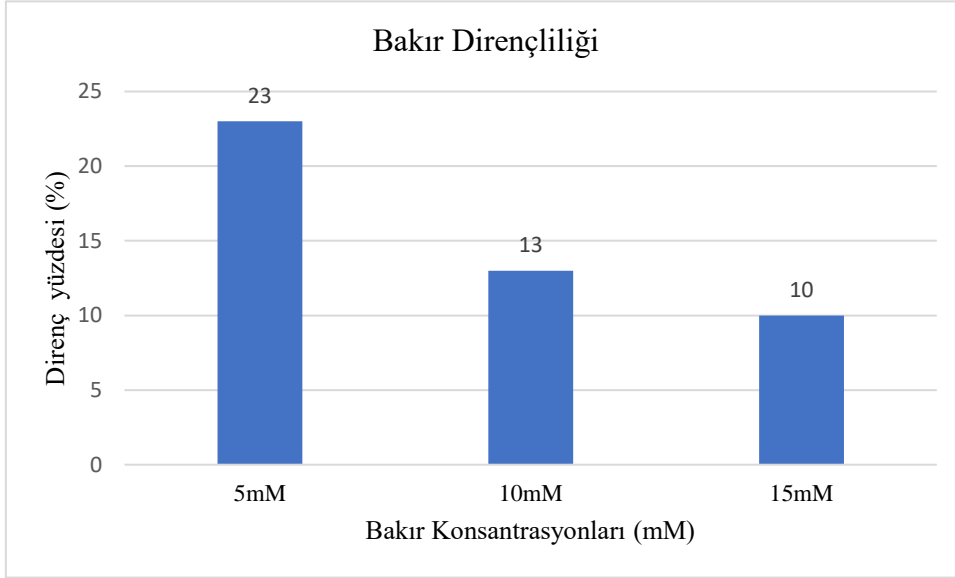
28-8, MH 31-2, MH 63-3, MH 12-4, MH 25-11, MH 32-5, MH 58-9, MH 24-5, MH 47-6, MH 24-1, MH 50-4, MH 5-5) kontrol suşuna oranla çinkoya daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 10mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 9 izolatın (MH 57-7, MH 38-1, MH 6-5, MH 23-4, MH 21-4, MH 15-4, MH 63-4, MH 19-3, MH 26-8) daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla çinkoya karşı dirençli olduğu değerlendirilebilir.

Tablo 4.18'deki istatistiksel veriler incelendiğinde; benzer şekilde çinko ağır metalinin 15mM konsantrasyon için 142 izolat arasından 78 izolatın (MH 39-6, MH 60-3, MH 46-6, MH 7-4, MH 28-1, MH 54-6, MH 22-2, MH 33-7, MH 44-2,, MH 35-9, MH 35-1, MH 41-1, MH 61-4, MH 50-3, MH 54-2, MH 25-2, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 25-13, MH 62-3, MH 26-2, MH 43-3, MH 32-8, MH 30-1, MH 19-1, MH 21-5, MH 6-7, MH 63-5,, MH 25-9, MH 57-1, MH 35-5,, MH 6-4, MH 17-3, MH 37-5, MH 15-5, MH 6-5, MH 23-4, MH 24-15, MH 12-5, MH 12-6,, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 36-8, MH 60-6, MH 20-4, MH 51-6, MH 52-6, MH 27-9, MH 11-4, MH 34-8, MH 49-4, MH 6-1, MH 46-8, MH 44-7, MH 15-1, MH 1-3, MH 23-7, MH 63-4, MH 18-1, MH 36-7, MH 21-1, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 59-7, MH 26-15, MH 32-7, MH 14-3, MH 49-5, MH 25-16, MH 38-2, MH 39-3, MH 25-15 )  $14 \pm 0,71$  zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede çinkoya duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 60 izolatın ( MH 62-6, MH 51-8, MH 9-6, MH 26-3, MH 64-1, MH 60-1, MH 64-4, MH 24-17, MH 34-5, MH 31-3, MH 40-7, MH 14-2, MH 33-9, MH 50-6, MH 44-1, MH 39-7, MH 38-4, MH 38-6, MH 63-7, MH 50-2, MH 48-6, MH 64-5, MH 29-1, MH 27-5, MH 55-7, MH 34-3, MH 62-2, MH 56-6, MH 15-6, MH 62-1, MH 61-3, MH 63-1, MH 63-6, MH 46-9, MH 21-2, MH 37-3, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 8-6, MH 11-5, MH 28-8, MH 31-2, MH 27-1, MH 63-3, MH 29-6, MH 40-6,, MH 11-2, MH 8-1, MH 12-4, MH 25-11, MH 32-5, MH 58-9, MH 24-5, MH 47-6, MH 23-5, MH 24-1, MH 19-2, MH 50-4, MH 5-5) kontrol suşuna oranla çinkoya daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 15mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 4 izolatın (MH 57-7, MH 38-1, MH 21-4, MH 19-3) bu suşa göre daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla çinkoya karşı dirençli olduğu değerlendirilebilir.



#### 4.6.3. İzolatların Bakır (CuSO<sub>4</sub>) Ağır Metal Dirençliliği

İzole edilen bakterilerin bakıra karşı gösterdikleri direnç oranları incelendiğinde; toplam izolatların %23'ünün 5mM'a, %13'ünün 10mM'a, %10'unun 15mM'a dirençli olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.21, Şekil 4.22).



Şekil 4.21. İzolatların Bakır Dirençliliği

Tablo 4.19'deki veriler incelendiğinde; bakırın tüm konsantrasyonlarına dirençli toplam 13 adet izolat (MH 51-8, MH 38-1, MH 35-5, MH 21-4, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 36-7, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5, MH 25-16) belirlenirken uygulanan farklı konsantrasyonlara duyarlı 20 adet izolat (MH 62-6, MH 38-4, MH 63-7, MH 9-6, MH 48-6, MH 40-7, MH 29-1, MH 33-9, MH 21-5, MH 35-1, MH 57-7, MH 41-1, MH 15-6, MH 6-4, MH 24-5, MH 19-2, MH 19-3, MH 31-2, MH 29-6, MH 38-2) belirlenmiştir. Bunların dışındaki izolatların tamamının farklı konsantrasyonlara karşı dirençli veya duyarlı oldukları görülmüştür.

**Tablo 4.19.** İzolatların Bakır Dirençlilikleri

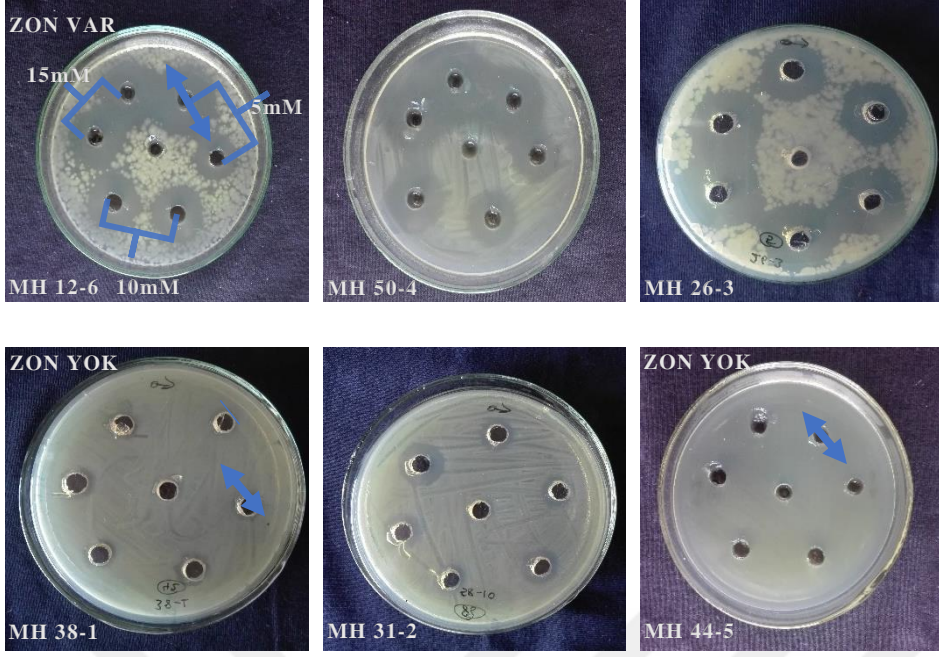
<b>CuSO4 İzolat No</b>	<b>5mM</b>	<b>10mM</b>	<b>15mM</b>	<b>CuSO4 İzolat No</b>	<b>5mM</b>	<b>10mM</b>	<b>15mM</b>
MH 62-6	R	S	S	MH 38-4	R	S	S
MH 51-8	R	R	R	MH 38-6	S	S	S
MH 39-6	S	S	S	MH 63-7	R	R	S
MH 9-6	R	S	S	MH 50-2	S	S	S
MH 26-3	S	S	S	MH 50-3	S	S	S
MH 64-1	S	S	S	MH 54-2	S	S	S
MH 60-3	S	S	S	MH 25-2	S	S	S
MH 60-1	S	S	S	MH 26-9	S	S	S
MH 64-4	S	S	S	MH 38-8	S	S	S
MH 46-6	S	S	S	MH 56-2	S	S	S
MH 57-4	S	S	S	MH 31-7	S	S	S
MH 24-17	S	S	S	MH 38-1	R	R	R
MH 34-5	S	S	S	MH 48-6	R	S	S
MH 28-1	S	S	S	MH 25-13	S	S	S
MH 31-3	S	S	S	MH 62-3	S	S	S
MH 54-6	S	S	S	MH 64-5	S	S	S
MH 40-7	R	S	S	MH 26-2	S	S	S
MH 22-2	S	S	S	MH 29-1	R	R	S
MH 14-2	S	S	S	MH 27-5	S	S	S
MH 33-9	R	R	S	MH 43-3	S	S	S
MH 33-7	S	S	S	MH 32-8	S	S	S
MH 50-6	S	S	S	MH 30-1	S	S	S
MH 44-2	S	S	S	MH 19-1	S	S	S
MH 35-9	S	S	S	MH 21-5	R	S	S
MH 35-1	R	S	S	MH 55-7	S	S	S
MH 57-7	R	S	S	MH 34-3	S	S	S
MH 44-1	S	S	S	MH 62-2	S	S	S
MH 41-1	R	S	S	MH 6-7	S	S	S
MH 39-7	S	S	S	MH 63-5	S	S	S
MH 61-4	S	S	S	MH 56-6	S	S	S

\*S= Duyarlı (Sensitive), \*R= Dirençli (Resistance)

**Tablo 4.19.** İzolatların Bakır Dirençlilikleri (Devamı)

<b>CuSO4 İzolat No</b>	<b>5mM</b>	<b>10mM</b>	<b>15mM</b>	<b>CuSO4 İzolat No</b>	<b>5mM</b>	<b>10mM</b>	<b>15mM</b>
MH 15-6	R	S	S	MH 25-11	S	S	S
MH 25-9	S	S	S	MH 32-5	S	S	S
MH 57-1	S	S	S	MH 58-9	S	S	S
MH 35-5	R	R	R	MH 52-6	S	S	S
MH 6-4	R	S	S	MH 27-9	S	S	S
MH 17-3	S	S	S	MH 21-4	R	R	R
MH 62-1	S	S	S	MH 24-5	R	S	S
MH 37-5	S	S	S	MH 47-6	S	S	S
MH 15-5	S	S	S	MH 23-5	S	S	S
MH 6-5	S	S	S	MH 11-4	S	S	S
MH 61-3	S	S	S	MH 34-8	S	S	S
MH 63-1	S	S	S	MH 49-4	R	R	R
MH 63-6	S	S	S	MH 6-1	S	S	S
MH 23-4	S	S	S	MH 46-8	S	S	S
MH 46-9	S	S	S	MH 44-7	R	R	R
MH 24-15	S	S	S	MH 15-1	S	S	S
MH 21-2	S	S	S	MH 15-4	R	R	R
MH 12-5	S	S	S	MH 24-1	S	S	S
MH 37-3	S	S	S	MH 19-2	R	S	S
MH 12-6	S	S	S	MH 1-3	S	S	S
MH 13-5	S	S	S	MH 23-7	S	S	S
MH 52-5	S	S	S	MH 63-4	S	S	S
MH 26-6	S	S	S	MH 50-4	S	S	S
MH 13-6	S	S	S	MH 18-1	S	S	S
MH 58-6	S	S	S	MH 36-7	R	R	R
MH 53-2	S	S	S	MH 21-1	S	S	S
MH 36-8	S	S	S	MH 44-3	R	R	R
MH 60-6	S	S	S	MH 19-3	R	S	S
MH 8-6	S	S	S	MH 23-6	R	R	R
MH 20-4	S	S	S	MH 44-5	R	R	R
MH 11-5	S	S	S	MH 59-7	S	S	S
MH 28-8	S	S	S	MH 26-15	S	S	S
MH 31-2	R	R	S	MH 32-7	S	S	S
MH 27-1	S	S	S	MH 14-3	S	S	S
MH 63-3	S	S	S	MH 5-5	R	R	R
MH 29-6	R	S	S	MH 26-8	S	R	R
MH 40-6	S	S	S	MH 49-5	S	S	S
MH 11-2	S	S	S	MH 25-16	R	R	R
MH 51-6	S	S	S	MH 38-2	R	S	S
MH 8-1	S	S	S	MH 39-3	S	S	S
MH 12-4	S	S	S	MH 25-15	S	S	S

\*S= Duyarlı (Sensitive), \*R= Dirençli (Resistance)



Şekil 4.22. İzolatların Bakır Dirençlilik Görüntüleri

**Tablo 4.20.** Bakır Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi

CuSO <sub>4</sub>	Konsantrasyon (mM)		
	5mM	10mM	15mM
<b>Kontrol (mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>	<b>12±0,71</b>	<b>13±0,71</b>	<b>15±0,71</b>
<b>İzolot No</b>			
MH 62-6	10,5±0,71	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 51-8	11,0±1,41	10,0±0,00	12,5±0,71
MH 39-6	14,0±1,41	16,0±0,00	18,5±0,71
MH 9-6	10,5±0,71	15,0±1,41	16,0±1,41
MH 26-3	21,5±2,12	23,5±2,12	24,5±0,71*
MH 64-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 60-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 60-1	18,5±0,71*	16,5±4,95	20,5±0,71
MH 64-4	14,5±0,71	16,0±1,41	16,5±0,71
MH 46-6	24,0±1,41	26,5±2,12	30,5±0,71*
MH 57-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 24-17	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 34-5	20,0±0,00*	20,0±0,00*	20,0±0,00*
MH 28-1	16,0±1,41	25,0±0,00*	24,0±1,41
MH 31-3	18,5±0,71*	15,0±1,41	16,0±1,41
MH 54-6	18,5±0,71*	19,0±0,00	19,0±1,41
MH 40-7	10,5±0,71	14,0±1,41	17,5±0,71
MH 22-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 14-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	16,0±1,41
MH 33-9	10,0±0,00	11,5±0,71	18,0±1,41
MH 33-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 50-6	18,5±0,71*	16,0±1,41	16,5±0,71
MH 44-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 35-9	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 35-1	10,5±0,71	15,5±0,71	18,5±0,71
MH 57-7	8,50±0,71	15,0±2,83	16,5±2,12
MH 44-1	23,5±2,12	23,5±2,12	24,5±0,71*
MH 41-1	10,5±0,71	15,5±0,71	16,5±0,71
MH 39-7	18,5±0,71*	16,5±0,71	16,0±1,41
MH 61-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 38-4	9,50±0,71	15,0±1,41	15,0±1,41
MH 38-6	18,5±0,71*	15,0±1,41	16,0±0,00
MH 63-7	9,00±1,41	11,5±0,71	16,5±0,71
MH 50-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 50-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 54-2	15,0±0,00*	15,0±0,00	15,0±0,00
MH 25-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	19,0±1,41
MH 26-9	18,5±0,71*	18,5±0,71	19,5±0,71
MH 38-8	15,0±0,00*	16,5±0,71	19,5±0,71
MH 56-2	18,5±0,71*	16,5±0,71	18,5±0,71
MH 31-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 38-1	10,5±0,71	10,5±0,71	10,5±0,71
MH 48-6	9,50±0,71	15,5±0,71	17,5±0,71
MH 25-13	18,5±0,71*	19,0±0,00	19,5±0,71
MH 62-3	14,5±0,71	15,0±0,00	15,5±0,71
MH 64-5	17,5±2,12	19,0±2,83	18,5±2,12
MH 26-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 29-1	10,5±0,71	10,5±0,71	16,5±0,71
MH 27-5	14,5±0,71	17,5±0,71	18,5±0,71
MH 43-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 32-8	14,0±1,41	15,0±1,41	17,5±0,71
MH 30-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 19-1	18,5±0,71*	15,5±0,71	19,0±1,41
MH 21-5	10,5±0,71	15,0±1,41	17,5±0,71

\* p&lt;0,05

**Tablo 4.20.** Bakır Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi (Devamı)

CuSO <sub>4</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM 12±0,71	10mM 13±0,71	15mM 15±0,71
<b>Kontrol (mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>			
<b>İzolat No</b>			
MH 55-7	18,5±0,71	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 34-3	14,5±0,71	16,0±1,41	16,5±0,71
MH 62-2	17,5±2,12	15,5±0,71	18,5±0,71
MH 6-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 56-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 15-6	10,5±0,71	17,5±3,54	17,0±1,41
MH 25-9	18,5±0,71*	14,5±0,71	16,5±2,12
MH 57-1	18,5±0,71*	14,5±0,71	16,0±1,41
MH 35-5	9,50±0,71	11,5±0,71	13,5±0,71
MH 6-4	10,5±0,71	14,5±0,71	16,0±1,41
MH 17-3	18,5±0,71*	15,5±0,71	16,5±0,71
MH 62-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 37-5	18,5±0,71*	13,5±0,71	16,5±0,71
MH 15-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 6-5	13,0±0,00	14,0±0,00	16,5±2,12
MH 61-3	13,5±0,71	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 63-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 23-4	18,5±0,71*	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 46-9	13,0±1,41	16,5±0,71	17,0±2,83
MH 24-15	20,0±0,00*	21,0±1,41	27,5±0,71*
MH 21-2	14,5±0,71	15,5±0,71	19,0±1,41
MH 12-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 37-3	17,5±3,54	20,0±0,00*	25,5±0,71*
MH 12-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 13-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 52-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 26-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 13-6	18,5±0,71*	15,5±0,71	17,5±0,71
MH 58-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 53-2	14,5±0,71	15,0±0,00	18,5±0,71
MH 36-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 60-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 8-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 20-4	15,0±1,41	18,5±2,12	20,5±0,71
MH 11-5	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 28-8	14,0±1,41	19,0±1,41	20,5±0,71
MH 31-2	10,5±0,71	11,5±0,71	16,0±1,41
MH 27-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-3	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 29-6	10,5±0,71	18,5±0,71	19,5±0,71
MH 40-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 11-2	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 51-6	18,5±0,71*	15,5±0,71	16,5±0,71
MH 8-1	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 12-4	13,5±0,71	15,0±1,41	16,0±1,41
MH 25-11	14,5±0,71	15,0±1,41	16,5±0,71
MH 32-5	18,5±0,71*	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 58-9	18,5±0,71*	18,5±0,71	19,0±1,41
MH 52-6	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 27-9	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 21-4	9,50±0,71	11,5±0,71	11,5±0,71
MH 24-5	10,5±0,71	16,0±1,41	16,5±0,71
MH 47-6	20,0±0,00*	20,0±0,00*	20,0±0,00

\* p&lt;0,05

**Tablo 4.20.** Bakır Ağır Metalinin İstatistiksel Analizi (Devamı)

CuSO <sub>4</sub>	Konsantrasyon(mM)		
	5mM	10mM	15mM
<b>Kontrol (mm)</b> <i>(P. aeruginosa)</i>	<b>12±0,71</b>	<b>13±0,71</b>	<b>15±0,71</b>
<b>İzolot No</b>			
MH 23-5	14,5±0,71	18,0±1,41	25,5±0,71*
MH 11-4	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 34-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 49-4	9,50±0,71	11,5±0,71	12,5±0,71
MH 6-1	13,5±0,71	14,5±0,71	20,5±0,71
MH 46-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 44-7	10,5±0,71	11,5±0,71	12,5±0,71
MH 15-1	14,5±0,71	17,5±0,71	17,5±0,71
MH 15-4	10,5±0,71	10,0±0,00	12,5±0,71
MH 24-1	25,0±0,00*	25,0±0,00*	25,0±0,00
MH 19-2	11,0±0,00	17,0±1,41	18,5±0,71
MH 1-3	12,5±0,71	15,5±0,71	17,5±0,71
MH 23-7	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 63-4	12,5±0,71	15,5±0,71	22,5±0,71*
MH 50-4	20,0±0,00*	22,5±0,71*	30,5±0,71*
MH 18-1	18,5±0,71*	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 36-7	10,5±0,71	12,5±0,71	10,0±1,41
MH 21-1	13,0±1,41	14,5±0,71	18,5±0,71
MH 44-3	11,0±0,00	11,5±0,71	12,5±0,71
MH 19-3	10,0±1,41	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 23-6	10,5±0,71	9,50±0,71	11,5±0,71
MH 44-5	10,5±0,71	12,0±0,00	10,5±0,71
MH 59-7	14,5±0,71	15,5±0,71	16,5±0,71
MH 26-15	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71
MH 32-7	21,5±0,71*	24,0±1,41	29,5±0,71*
MH 14-3	14,5±0,71	14,5±0,71	16,5±0,71
MH 5-5	9,50±0,71	10,5±0,71	12,5±0,71
MH 26-8	18,5±0,71*	18,5±0,71	19,0±1,41
MH 49-5	18,5±0,71*	16,0±1,41	20,5±0,71
MH 25-16	10,5±0,71	10,5±0,71	10,5±0,71
MH 38-2	10,0±0,00	15,5±0,71	16,0±1,41
MH 39-3	18,5±0,71*	14,5±0,71	20,5±0,71
MH 25-15	18,5±0,71*	18,5±0,71	18,5±0,71

\* p&lt;0,05

Tablo 4.20'deki istatistiksel veriler incelendiğinde; bakır ağır metalinin 5mM konsantrasyonu için 142 izolat arasından 102 izolatın (MH 39-6, MH 26-3, MH 64-1, MH 60-3, MH 60-1, MH 64-4, MH 46-6, MH 57-4, MH 24-17, MH 34-5, MH 28-1, MH 31-3, MH 54-6, MH 22-2, MH 14-2, MH 33-7, MH 50-6, MH 44-2, MH 35-9, MH 44-1, MH 39-7, MH 61-4, MH 38-6, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 25-2, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 31-7, MH 25-13, MH 62-3, MH 64-5, MH 26-2, MH 27-5, MH 43-3, MH 32-8, MH 30-1, MH 19-1, MH 55-7, MH 34-3, MH 62-2, MH 6-7, MH 63-5, MH 56-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 17-3, MH 62-1, MH 37-5, MH 15-5, MH 63-1, MH 63-6, MH 23-4, MH 24-15, MH 21-2, MH 12-5, MH 37-3, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 36-8, MH 60-6, MH 8-6, MH 20-4, MH 11-5, MH 28-8, MH 27-1, MH 63-3, MH 40-6, MH 11-2, MH 51-6, MH 8-1, MH 12-4, MH 25-11, MH

32-5, MH 58-9, MH 52-6, MH 27-9, MH 47-6, MH 23-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 6-1, MH 46-8, MH 15-1, MH 24-1, MH 23-7, MH 50-4, MH 18-1, MH 21-1, MH 59-7, MH 26-15, MH 32-7, MH 14-3, MH 26-8, MH 49-5, MH 39-3, MH 25-15) 12mm zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede bakıra duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 7 izolatin (MH 26-3, MH 46-6, MH 34-5, MH 44-1, MH 24-1, MH 50-4, MH 32-7) kontrol suşuna oranla bakıra daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 5mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 33 izolatin (MH 62-6, MH 51-8, MH 9-6, MH 40-7, MH 33-9, MH 35-1, MH 57-7, MH 41-1, MH 38-4, MH 63-7, MH 38-1, MH 48-6, MH 29-1, MH 21-5, MH 25-6, MH 35-5, MH 6-4, MH 31-2, MH 29-6, MH 21-4, MH 24-5, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 19-2, MH 36-7, MH 19-3, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5, MH 25-16, MH 38-2,) 12mm zon çapından daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla bakıra karşı dirençli olduğu değerlendirilebilir.

Tablo 4.20'deki istatistiksel veriler incelendiğinde; benzer şekilde bakır ağır metalinin 10mM konsantrasyon için 117 izolatin (MH 62-6, MH 39-6, MH 9-6, MH 26-3, MH 64-1, MH 60-3, MH 60-1, MH 64-4, MH 46-6, MH 57-4, MH 24-17, MH 31-3, MH 54-6, MH 40-7, MH 22-2, MH 14-2, MH 33-7, MH 50-6, MH 44-2, MH 35-9, MH 35-1, MH 57-7, MH 41-1, MH 39-7, MH 61-4, MH 38-4, MH 38-6, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 25-2, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 31-7, MH 48-6, MH 25-13, MH 62-3, MH 64-5, MH 26-2, MH 27-5, MH 43-3, MH 32-8, MH 30-1, MH 19-1, MH 21-5, MH 55-7, MH 34-3, MH 62-2, MH 6-7, MH 63-5, MH 56-6, MH 15-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 6-4, MH 17-3, MH 62-1, MH 37-5, MH 15-5, MH 6-5, MH 61-3, MH 63-1, MH 63-6, MH 23-4, MH 46-9, MH 21-2, MH 12-5, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 36-8, MH 60-6, MH 8-6, MH 20-4, MH 11-5, MH 28-8, MH 27-1, MH 63-3, MH 29-6, MH 40-6, MH 11-2, MH 51-6, MH 8-1, MH 12-4, MH 25-11, MH 32-5, MH 58-9, MH 52-6, MH 27-9, MH 24-5, MH 23-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 6-1, MH 46-8, MH 15-1, MH 19-2, MH 1-3, MH 23-7, MH 63-4, MH 18-1, MH 21-1, MH 19-3, MH 59-7, MH 26-15, MH 14-3, MH 26-8, MH 49-5, MH 25-16, MH 38-2, MH 39-3, MH 25-1) 13mm zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede bakıra duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p < 0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 9 izolatin (MH 34-5, MH 28-1, MH 44-1, MH 24-15, MH 37-3, MH 47-6, MH 24-1, MH 50-4, MH 32-7) kontrol suşuna oranla bakıra daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 10mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 16 izolatin (MH 51-8, MH 33-



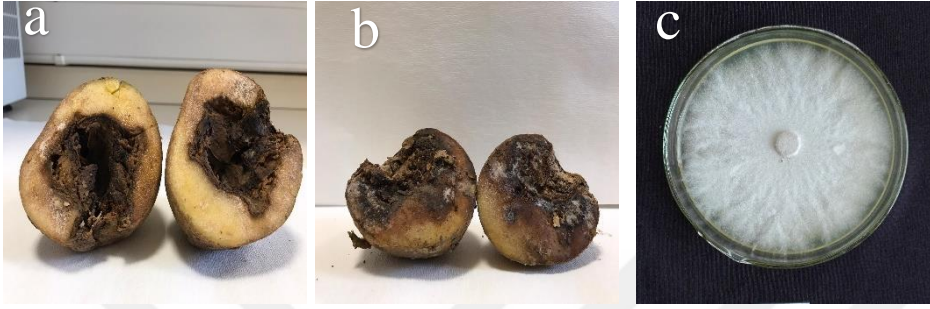
9, MH 63-7, MH 38-1, MH 29-1, MH 35-5, MH 31-2, MH 21-4, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 36-7, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5) daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla bakıra karşı dirençli olduğu değerlendirilebilir.

Tablo 4.20'deki istatistiksel veriler incelendiğinde benzer şekilde bakır ağır metalinin 15mM konsantrasyon için 113 izolatın (MH 62-6, MH 51-8, MH 39-6, MH 9-6, MH 64-1, MH 60-3, MH 64-4, MH 57-4, MH 24-17, MH 31-3, MH 54-6, MH 40-7, MH 22-2, MH 14-2, MH 33-9, MH 33-7, MH 50-6, MH 44-2, MH 35-9, MH 35-1, MH 57-7, MH 41-1, MH 39-7, MH 61-4, MH 38-4, MH 38-6, MH 63-7, MH 50-2, MH 50-3, MH 54-2, MH 25-2, MH 26-9, MH 38-8, MH 56-2, MH 31-7, MH 38-1, MH 48-6, MH 25-13, MH 62-3, MH 64-5, MH 26-2, MH 29-1, MH 27-5, MH 43-3, MH 32-8, MH 30-1, MH 19-1, MH 21-5, MH 55-7, MH 34-3, MH 62-2, MH 6-7, MH 63-5, MH 56-6, MH 15-6, MH 25-9, MH 57-1, MH 6-4, MH 17-3, MH 62-1, MH 37-5, MH 15-5, MH 6-5, MH 61-3, MH 63-1, MH 63-6, MH 23-4, MH 46-9, MH 21-2, MH 12-5, MH 12-6, MH 13-5, MH 52-5, MH 26-6, MH 13-6, MH 58-6, MH 53-2, MH 36-8, MH 60-6, MH 8-6, MH 11-5, MH 31-2, MH 27-1, MH 63-3, MH 29-6, MH 40-6, MH 11-2, MH 51-6, MH 8-1, MH 12-4, MH 25-11, MH 32-5, MH 58-9, MH 52-6, MH 27-9, MH 24-5, MH 11-4, MH 34-8, MH 46-8, MH 15-1, MH 19-2, MH 1-3, MH 23-7, MH 18-1, MH 36-7, MH 21-1, MH 19-3, MH 59-7, MH 26-15, MH 14-3, MH 26-8, MH 38-2, MH 25-15) 15mm zon çaplı kontrol suşuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede bakıra duyarlı olduğu görülmüştür. Her ne kadar istatistiksel olarak ( $p<0,05$ ) anlamlı derecede olmasa da 19 izolatın (MH 26-3, MH 60-1, MH 46-6, MH 34-5, MH 28-1, MH 44-1, MH 24-15, MH 37-3, MH 20-4, MH 28-8, MH 47-6, MH 23-5, MH 6-1, MH 24-1, MH 63-4, MH 50-4, MH 32-7, MH 49-5, MH 39-3) kontrol grubuna oranla bakıra daha duyarlı olduğu söylenebilir. Öte yandan 10mM konsantrasyon için kontrol suşuna göre 10 izolatın (MH 35-5, MH 21-4, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5, MH 25-16) daha düşük değerlere sahip olduğu için kontrol suşuna oranla bakıra karşı dirençli olduğu değerlendirilebilir.

## 4.7. İzolatların Antifungal Aktivite Sonuçları

### 4.7.1. Fungus İzolasyonu

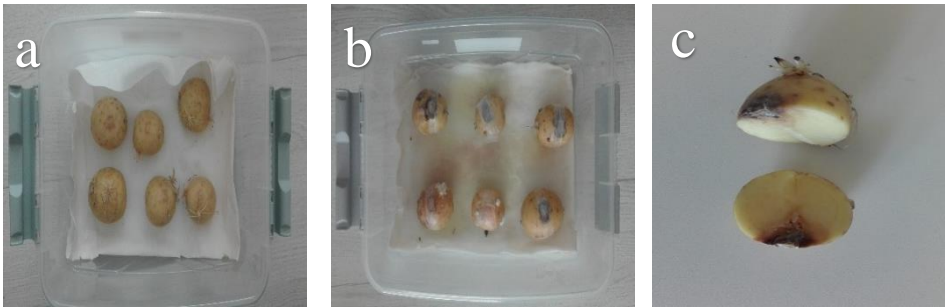
Manavdan alınan hastalıklı patateslerden patojen fungus (*Fusarium* sp.) saflaştırılmıştır. *Fusarium* sp. kolonileri 25°C’de PDA’da 10 günde 8cm çapa ulaşmakta olup miselleri beyaz renkte ve pamuksu şekildedir (Şekil 4.23 a, b, c).



Şekil 4.23. a,b. Enfekte Patates Örnekleri c. Saf *Fusarium* sp.

### 4.7.2. Fungus İzolatlarının Patojenite Testi

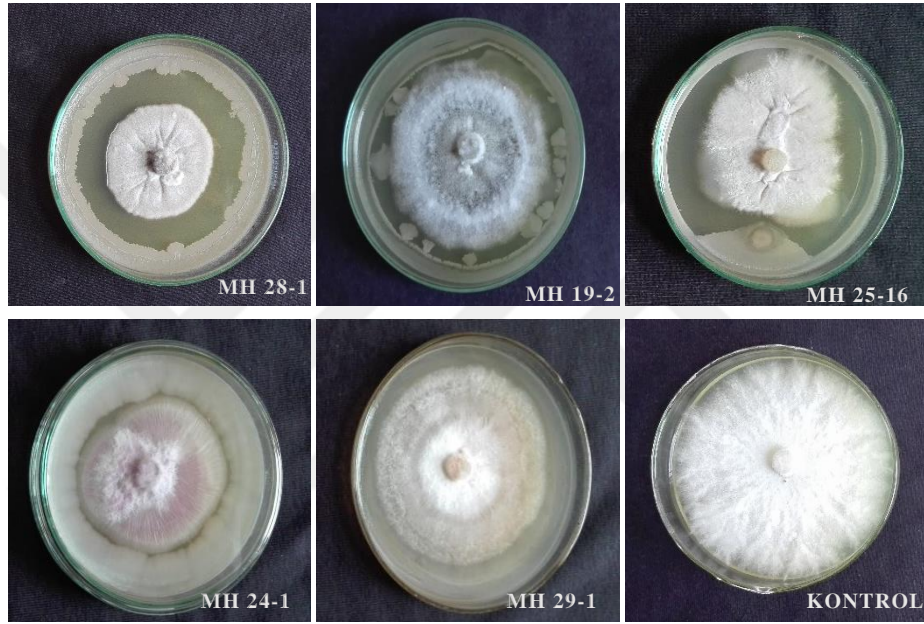
Patates yumruları üzerinde steril bir bistüri yardımıyla 0,5-1 cm’lik bir yara açılmış ve *Fusarium* sp.’nin misel diski konularak etrafı parafinle sarılmıştır. Yapılan patojenite testi sonucunda patates yumrularında 10. günden itibaren hastalık görülmeye başlanmıştır. Patojen izolatın (*Fusarium* sp.) 15 gün sonra yumruları tamamen çürüttüğü ve oldukça virüent olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.24 a, b, c).



Şekil 4.24. a. Sağlıklı Patatesler b. *Fusarium* sp. ile Enfekte Olmuş Patatesler c. İnokülasyondan 10 Gün Sonra Hastalıklı Patatesler

### 4.7.3. İzolatların Antifungal Aktivite Sonuçları

Bu çalışmada 17 bakteri izolatu (MH 28-1, MH 19-2, MH 25-16, MH 24-1, MH 29-1, MH 23-7) patojen *Fusarium* spp. izolatına karşı in vitro şartlarda test edilmiştir. İzolatların yüzde engelleme oranları %15,87 ile %53,7 arasında değişmiştir. İzolatların yüzde engelleme oranlarında en iyi sonucu MH 28-1 izolatu (%53,7) vermiş, bunu sırasıyla MH 19-2 (%44,84), MH 25-16 (%31,74), MH 24-1 (%21,83), MH 29-1 (%20,64) ve MH 23-7 (%15,87) takip etmiştir (Şekil 4.25, Şekil 4.26). Test sonuçları Tablo 4.21 ve Tablo 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.25. In Vitro Petri Denemelerinde *Fusarium* sp. Patojenine Karşı Test Edilen Bakteri İzolatlarının Etkinlikleri

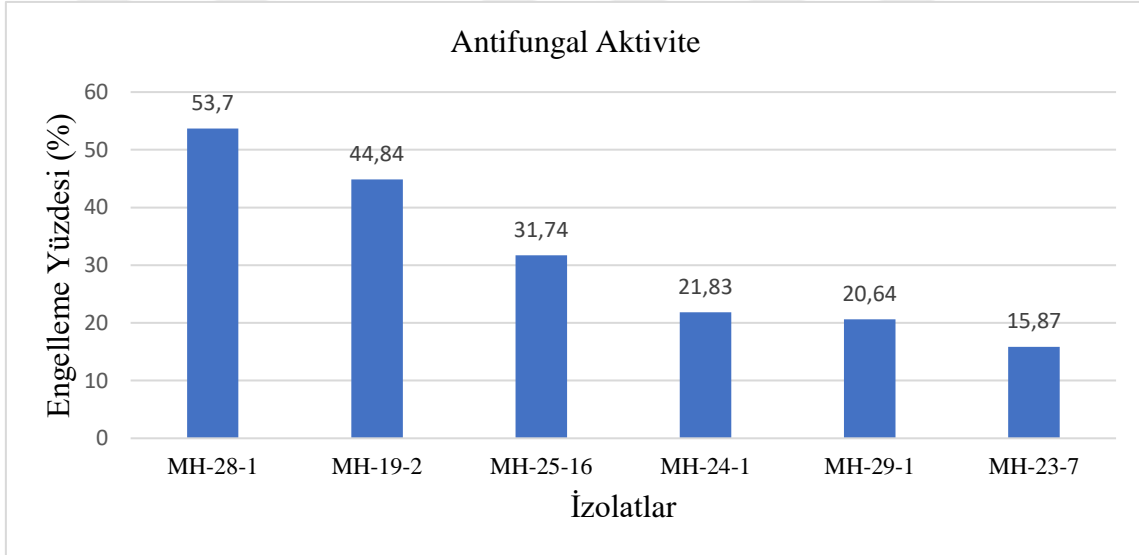
Tablo 4.21. İzolatların *Fusarium* sp.’ye Karşı Etkinlikleri

İzolat No	1.Ölçüm (En/Boy)	2.Ölçüm (En/Boy)	Zon Çapı
MH 28-1	44-48mm	48-51mm	15mm
MH 19-2	50-52mm	52-54mm	22mm
MH 25-16	60-56mm	65-55mm	14mm
MH 24-1	74-55mm	70-54mm	15mm
MH 29-1	75-60 mm	75-55 mm	13 mm
MH 23-7	80-72mm	78-69mm	10mm

**Tablo 4.22.** In Vitro Koşullarda Test Edilen İzolatların Antifungal Aktivite İstatistiksel Sonuçları

İzolat No	İzolat	% Engelleme Oranı
MH 28-1	<i>B. atrophaeus</i>	53,57 A
MH 19-2	<i>S. multivorum</i>	44,84 B
MH 25-16	<i>T. mucoides</i>	31,74 C
MH 24-1	<i>S. atrocyanea</i>	21,83 D
MH 29-1	<i>C. respiraculi</i>	20,64 D
MH 23-7	<i>S. aureus</i>	15,87 E

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p<0.01)



**Şekil 4.26.** İzolatların Antifungal Aktivite Sonucu

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya nüfusunun giderek artmasıyla beraber tarım arazilerinin sınırlı olması ve küresel ısınma gıda güvenliğini büyük ölçüde tehdit etmektedir. Bu durum gıda talebini karşılayabilmek için tarımsal verimliliğin artırılmasını bir kez daha önemli kılmaktadır. Tarımsal verimi artırmak için kullanılan kimyasal gübrelerin hem çevre ekolojisine hem de insan sağlığına verdiği zararlar tartışmasız gerçeklerdir. Kimyasal gübrenin gelişigüzel kullanımı havayı, suyu ve toprağı kirleterek doğa için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu durum ülkeleri büyük miktarda gıda arzı sağlama konusunda kendine bağımlı hale getirirken aynı zamanda çevreye büyük ölçüde zarar vermekte ve canlılar üzerinde toksik etkilere neden olmaktadır (Sujanya ve Chandra, 2011). Dolayısıyla tarımda çevre dostu, kimyasal gübrelere kıyasla düşük maliyetli, mahsül verimini ve gıda güvenliğini artırıcı alternatif yöntemlerin kullanılması kaçınılmazdır. Tarım sektöründe bitki büyümesini teşvik eden bakteriler, mantarlar, siyanobakteriler vb. gibi bazı mikroorganizmaların biyogübre benzeri faaliyetler gösterdiği gözlemlenmiştir. Biyogübre, tohumlara, bitkilere veya toprağı uygulandığında rizosferinde veya bitkilerin iç kısmında kolonize olan ve konukçu bitkiye besin tedarikini artırarak bitki büyümesini teşvik eden (PGP) canlı mikroorganizmalar içeren bir formülasyondur (Vessey, 2003).

Biyogübreler, bitkiler tarafından kolayca özümsenebilen besinlerin mevcudiyetini artıran mikrobiyal süreçleri hızlandırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki gelişimini doğrudan (azot fiksasyonu, fosfat çözme, fitohormon üretimi vb.) veya dolaylı yolla (litik enzim üretimi, HCN, Siderofor üretimi) desteklerler. *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azospirillum*, *Nostoc*, *Anabaena*, *Acetobacter* cinsleri ile *B. megaterium*, *B. polymyxa* türleri mahsul verimini ve genel bitki büyümesini önemli ölçüde artırmaya yardımcı olan bakterilerdir. 1970'li yıllardaki araştırmalarla başlayan PGPR çalışmaları günümüzde hala ilgi odağı olarak devam etmektedir. Bu nedenle araştırmamızda Kırşehir ili ve ilçelerinde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı topraklardan biyolojik gübre olarak kullanılacak PGPR özellikli bakterilerin izolasyonu, tanılanması ve bunların PGP (Bitki Gelişimini Teşvik Edici) özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 64 rizosferik toprak örneğı alınmış ve bu örneklerden 142 adet izolat elde edilmiştir.

Bu izolatlar morfolojik, biyokimyasal, ekstraselüler enzim, bitki gelişimini teşvik edici (PGP) özellikler (Azot fiksasyonu, fosfat çözme, IAA üretimi, siderofor üretimi, HCN üretimi), ağır metal dirençliliği ve antifungal aktiviteler bakımından test edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar literatür ışığında tartışılmıştır.

### **5.1. İzolatların Elde Edildiği Bitkiler ve Elde Edilen İzolatlar Hakkındaki Değerlendirmeler**

Tablo 3.1’de görüldüğü üzere Kırşehir ve ilçelerindeki (Akçakent, Akpınar, Boztepe, Çiçekdağı, Kaman, Mucur,) tarım arazilerindeki habitatlardan toplam 64 adet bitki rizosfer toprağı ( arpa (*H. vulgare*), aspir (*C. tinctorius*), ayçiçek (*H. annuus*), buğday (*T. aestivum*), fiğ (*Vicia spp.*), nohut (*C. arietinum*), yonca (*Trifolium spp.*), yulaf (*A. sativa*), bakla (*V. faba*), mor lahanana (*B. oleracea*), domates (*S. lycopersicum*), bamya (*A. esculentus*), biber (*C. annuum*), fasulye (*P. vulgaris*), patlıcan (*S. melongena*), pancar (*B. vulgaris*), altın çilek (*P. peruviana*), mercimek (*L. culinaris*), pırasa (*A. ampeloprasum*)) toplanmış ve bunlardan 142 adet bakteri izole edilmiştir (Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.7, Şekil 4.1, Tablo 4.1, Tablo 4.6).

## 5.2. İzolatların Morfolojik ve Biyokimyasal Testlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 5.2.1, Tablo 5.2.2 ve Tablo 5.2.3’de literatürdeki farklı bölgelerden alınan bakterilerin morfolojik, biyokimyasal, ekstraselüler test sonuçları ve araştırmamızda elde ettiğimiz izolatların sonuçları literatürle karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Elde ettiğimiz veriler literatür ışığında incelediğinde yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmüştür. Literatürdeki verilerin farklılığının rizosferde bulunan bakterilerin morfolojik, biyokimyasal yapılarının ve coğrafik bölgelerdeki farklılık başta olmak üzere birçok nedene bağlı olduğu bilinmektedir (Rathaur ve ark., 2012) (Ghosh ve ark., 2018).

**Tablo 5.2.1.** Bazı PGPR Bakterilerinin Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması

İzolat	Gram Boyama	Koloni Şekli	Koloni Rengi	Koloni Saydamlığı	Hareket	Kaynak
PGB1	-	Çubuk	Kirli beyaz	Homojen	+	Ashrafuzzaman ve ark., 2009
PGB2	-	Oval	Kirli beyaz	Homojen	+	Ashrafuzzaman ve ark., 2009
AURB1	-	Çubuk	Beyaz	Heterojen	-	Woyessa ve Assefa, 2011
AURB54	-	Kokus	Beyaz	Homojen	+	Woyessa ve Assefa, 2011
<i>Actinomyces</i> spp. AD100	+	Çubuk	Açık yeşil	Heterojen	-	Yekkour ve ark., 2012
<i>Actinomyces</i> spp. TW2	+	Çubuk	Açık yeşil	Heterojen	-	Yekkour ve ark., 2012
<i>Bacillus</i> spp.	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Rathaur ve ark., 2012
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	Çubuk	Açık sarı	Homojen	-	Rathaur ve ark., 2012
RB1	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Rani ve ark., 2012
RB3	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Rani ve ark., 2012
<i>Pseudomonas</i> spp.HR1	-	Koko basil	Beyaz	Homojen	+	Patel ve ark., 2012
<i>Pseudomonas</i> spp. HR6	-	Koko basil	Beyaz	Heterojen	+	Patel ve ark., 2012
AK1	-	Çubuk	Sarımsı	Homojen	-	Kushwaha ve ark., 2013

**Tablo 5.2.1.** Bazı PGPR Bakterilerinin Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	Gram Boyama	Koloni Şekli	Koloni Rengi	Koloni Saydamlığı	Hareket	Kaynak
AK3	-	Çubuk	Açık sarı	Homojen	-	Kushwaha ve ark., 2013
TEC59	-	Basil	Beyaz	Homojen	+	Ngoma ve ark., 2013
BN-5A	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Shrivastava, 2013
BN-1C	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Shrivastava, 2013
TEA61	-	Basil	Beyaz	Homojen	+	Ngoma ve ark., 2013
<i>B. licheniformis</i> UHI(II)7	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Saharan ve ark., 2014
<i>P. aeruginosa</i>	-	Çubuk	Açık yeşil	Homojen	-	Kumar ve ark., 2015
<i>B. megaterium</i> BHU1	+	Basil	Beyaz	Homojen	+	Kumar ve ark., 2015
<i>S. globisporus</i> AM2-2	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Shrivastava ve ark., 2015
<i>S. roseoviolaceus</i> AM2-3	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Shrivastava ve ark., 2015
VAI-7	+	Basil	Kirli beyaz	Homojen	+	Sreevidya ve ark., 2016
DL2	-	Çubuk	Açık sarı	Homojen	+	Hingole ve Pathak, 2016
DL3	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Hingole ve Pathak, 2016
<i>Bacillus</i> spp. KNP-4	+	Çubuk	Beyaz	Heterojen	+	Singh ve Lal, 2016
<i>Rhizobium</i> strain NB2	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Karthik ve ark., 2016
<i>K. pneumoniae</i> TuNF-3	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Hingole ve ark., 2016
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	Çubuk	Açık sarı	Homojen	+	Sayyed ve ark., 2016
<i>Pseudomonas</i> spp. KNP-19	-	Basil	Açık yeşil	Homojen	+	Singh ve Lal, 2016
<i>Rhizobium</i> strain NA2	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Karthik ve ark., 2016
<i>Paenibacillus</i> spp. B1	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Li ve ark., 2017
<i>Sphingobium</i> spp. SX14	-	Çubuk	Açık sarı	Homojen	-	Li ve ark., 2017
<i>Bacillus</i> spp. BRB-1	+	Çubuk	Beyaz	Homojen	+	Kundan ve ark., 2017
<i>Pseudomonas</i> sp. BRB-2	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Kundan ve ark., 2017
<i>B. megaterium</i> strain AS6	+	Çubuk	Şeftali rengi	Homojen	+	Ghosh ve ark., 2018



**Tablo 5.2.1.** Bazı PGPR Bakterilerinin Morfolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	Gram Boyama	Koloni şekli	Koloni Rengi	Koloni saydamlığı	Hareket	Kaynak
<i>B. subtilis</i> BM2	+	Çubuk	Kirli beyaz	Homojen	+	Rizvi ve ark., 2019
<i>A. baumannii</i> MH 62-6	-	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. simplex</i> MH 54-6	+	Çubuk	Krem	Homojen	+	Bu çalışma
<i>F. hydatis</i> MH 30-1	-	Çubuk	Beyaz	Homojen	-	Bu çalışma
<i>L. amylophilus</i> MH 6-7	+	Çubuk	Krem	Heterojen	-	Bu çalışma
<i>L. pakistanensis</i> MH 63-1	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>P. terricola</i> MH 36-8	-	Çubuk	Krem	Homojen	-	Bu çalışma
<i>P. chlororaphis</i> MH 29-6	-	Çubuk	Krem	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>A. viscosus</i> MH 39-6	+	Çubuk	Krem	Heterojen	-	Bu çalışma
<i>A. encheleia</i> MH 9-6	-	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>A. cerinus</i> MH 26-3	+	Çubuk	Krem	Heterojen	-	Bu çalışma
<i>A. faecalis</i> MH 64-1	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>A. evansii</i> MH 60-3	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>A. crystallopoietes</i> MH 60-1	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>A. parietis</i> MH 64-4	-	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>A. ruscicus</i> MH 46-6	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	-	Bu çalışma
<i>A. woluwensis</i> MH 57-4	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	-	Bu çalışma
<i>A. indigenes</i> MH 24-17	+	Çubuk	Açık sarı	Heterojen	-	Bu çalışma
<i>Bacillus</i> spp. MH 34-5	+	Çubuk	Krem	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. atrophaeus</i> MH 28-1	+	Çubuk	Krem	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. cereus</i> MH 31-3	+	Çubuk	Krem	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. cereus</i> MH 54-6	+	Çubuk	Krem	Homojen	+	Bu çalışma
<i>B. simplex</i> MH 40-7	+	Çubuk	Krem	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. jeotgali</i> MH 22-2	+	Çubuk	Sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. licheniformis</i> MH 14-2	+	Çubuk	Krem	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. megaterium</i> MH 33-9	+	Çubuk	Sarı	Heterojen	+	Bu çalışma
<i>B. muralis</i> MH 33-7	+	Çubuk	Sarı	Heterojen	-	Bu çalışma

**Tablo 5.2.2.** Bazı PGPR Bakterilerinin Biyokimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması

<b>İzolat</b>	<b>Katalaz</b>	<b>Oksidaz</b>	<b>KOH</b>	<b>Kaynak</b>
<i>P. rathonis</i> PsR47	-	+	+	Egamberdiyeva, 2004
AURB50	+	-	-	Woyessa ve Assefa, 2011
<i>Bacillus</i> spp.	+	-	+	Rathaur ve ark., 2012
<i>Pseudomonas</i> spp.	+	+	+	Rathaur ve ark., 2012
AK1	+	-	-	Kushwaha ve ark., 2013
AK3	+	-	-	Kushwaha ve ark., 2013
TEA61	+	+	-	Ngoma ve ark., 2013
BN-5A	+	+	-	Shrivastava, 2013
BN-1C	+	+	-	Shrivastava, 2013
<i>B. thuringiensis</i> OSM29	+	-	+	Oves ve ark., 2013
<i>B. licheniformis</i> UHI(II)7	+	+	+	Saharan ve ark., 2014
PS1	+	-	-	Kumar ve ark., 2015
<i>B. megaterium</i> BHU1	+	+	+	Sreevidya ve ark., 2016
<i>Bacillus</i> spp. KNP-4	+	-	+	Singh ve Lal, 2016
<i>Pseudomonas</i> spp. KNP-19	+	+	+	Singh ve Lal, 2016
DL2	+	+	-	Hingole ve Pathak, 2016
DL3	+	+	-	Hingole ve Pathak, 2016
<i>Pseudomonas</i> sp.	-	-	+	Sayyed ve ark., 2016
<i>Bacillus</i> sp. BRB-1	+	+	+	Kundan ve ark., 2017
<i>Pseudomonas</i> sp. BRB-2	+	+	+	Kundan ve ark., 2017
<i>B. subtilis</i> BM2	+	-	+	Rizvi ve ark., 2019
<i>P. fluorescens</i> PF01	+	+	+	Rajendran ve Sundaram, 2020
<i>B. xiamenensis</i>	+	-	+	Zainab ve ark., 2021
<i>A. baumannii</i> MH 62-6	+	-	+	Bu çalışma
<i>A. parietis</i> MH 64-4	+	+	-	Bu çalışma
<i>B. simplex</i> MH 40-7	+	-	-	Bu çalışma
<i>B. muralis</i> MH 33-7	+	+	-	Bu çalışma
<i>C. krusei</i> MH 26-9	+	-	-	Bu çalışma
<i>C. respiraculi</i> MH 29-1	+	+	+	Bu çalışma
<i>L. amylophilus</i> MH 6-7	+	-	-	Bu çalışma

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretmediklerini ifade etmektedir.

**Tablo 5.2.3.** Bazı PGPR Bakterilerinin Ekstraselüler Enzim Özelliklerinin Karşılaştırılması

İzolat	Amilaz Testi	Sitrat Testi	Proteaz Testi	Jelatin Hidrolizi	Kaynak
<i>P. denitrificans</i> psD6	-	-	-	-	Egamberdiyeva, 2005
<i>Bacillus</i> spp.	-	+	-	-	Rathaur ve ark., 2012
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	+	-	-	Rathaur ve ark., 2012
RB3	-	+	-	-	Rani ve ark., 2012
<i>Pantoea</i> spp.Cf -7	-	+	-	-	Malleswari ve ark., 2013
<i>Pseudomonas</i> spp. Te-1	-	+	+	+	Malleswari ve ark., 2013
<i>B. thuringiensis</i> OSM29	-	+	-	+	Oves ve ark., 2013
<i>Rhizobium</i> strains NA2	-	-	+	-	Karthik ve ark., 2016
DL2	-	-	+	-	Hingole ve Pathak, 2016
<i>K. pneumoniae</i> TuNF-3	-	+	-	-	Hingole ve ark., 2016
<i>Rhizobium</i> strains N25	-	-	+	-	Patel ve ark., 2017
<i>Rhizobium</i> strains N40	-	-	-	-	Patel ve ark., 2017
<i>Bacillus</i> spp. BRB-1	+	+	+	-	Kundan ve ark., 2017
<i>Pseudomonas</i> spp.BRB-2	+	-	+	-	Kundan ve ark., 2017
<i>B. megaterium</i> AS6	+	+	+	+	Ghosh ve ark., 2018
WRS-2	+	+	+	+	Saini ve ark., 2019
<i>B. gibsonii</i>	+	-	+	-	Zainab ve ark., 2021
<i>B. xiamenensis</i>	+	-	+	-	Zainab ve ark., 2021
<i>B. clausii</i> B8	+	+	-	+	Oulebsir ve ark., 2021
<i>A. encheleia</i> MH 9-6	-	+	+	-	Bu çalışma
<i>C. lathyri</i> MH 48-2	+	+	+	+	Bu çalışma
<i>B. jeotgali</i> MH 22-2	-	-	-	+	Bu çalışma
<i>S. nitritireducens</i> MH 23-6	-	+	+	+	Bu çalışma
<i>C. guilliermondii</i> MH 56-2	+	-	+	+	Bu çalışma
<i>L. paracasei</i> MH 17-3	+	-	+	+	Bu çalışma
MH 58-6 ( <i>P. histidinovorans</i> )	+	-	+	-	Bu çalışma
MH 55-7 ( <i>G. arilaitensis</i> )	+	+	+	-	Bu çalışma

\*Tabloda yer alan (+), izolatların ilgili enzimi üretebildiklerini; (-) ise ilgili enzimi üretmediklerini ifade etmektedir.

### 5. 3. İzolatların MALDI-TOF MS Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Elde edilen izolatların MALDI-TOF MS tanı sonuçları dikkate alındığında en yüksek türle temsil edilen ilk 5 cins arasında *Pseudomonas* (22), *Bacillus* (16), *Lactobacillus* (14), *Staphylococcus* (7), *Paenibacillus* (6) yer almaktadır. Elde ettiğimiz veriler literatür ışığında incelediğinde bu verilerle uyumlu olduğu görülmüştür. Tablo 5.2.4’de literatürde MALDI-TOF MS tanı yöntemi kullanılarak tanımlanan bakteriler ve araştırmamızda Kırşehir ve ilçelerindeki tarım arazilerinden izole edilen bazı bakteriler karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 5.2.4.** Bazı PGPR Bakterilerin MALDI-TOF MS Sonuçlarının Karşılaştırılması

İzolat	İzole Edilen Rizosferik Bölge	(%Benzerlik oranı/Skor)	Kaynak
<i>P. agglomerans</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	95 (B.O)	Stets ve ark., 2013
<i>E. cowanii</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	98 (B.O)	Stets ve ark., 2013
<i>Bacillus</i> spp.	<i>M. sativa</i> L. (Yonca)	60 (B.O)	Ünlü ve ark., 2016
<i>R. radiobacter</i> C14	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	-	Egamberdieva ve ark., 2016
<i>E. cloacae</i> P6	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	1,9 (S)	Mahmood ve ark., 2016
<i>P. aeruginosa</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	89.2 (B.O)	Tiwari ve Singh, 2017
<i>B. muralis</i> CA9	<i>M. domestica</i> (Elma)	1,957 (S)	Calzada ve ark., 2017
<i>B. simplex</i> CA15	<i>M. domestica</i> (Elma)	1,969 (S)	Calzada ve ark., 2017
<i>Burkholderia</i> spp. P50	<i>O. sativa</i> (Pirinç)	95 (B.O)	Sarkar ve ark., 2018
<i>B. atrophaeus</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	+	Çelikten ve Bozkurt, 2018
<i>W. virosa</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	+	Çelikten ve Bozkurt, 2018
<i>R. radiobacter</i> B6.4	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	+	Duman ve Soylu, 2019
<i>P. koreensis</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	2,2 (S)	Aıpova ve ark., 2020
<i>A. calcoaceticus</i>	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	2,4 (S)	Aıpova ve ark., 2020
<i>B. simplex</i> ET1	<i>S. lycopersicum</i> (Domates)	+	Alnefai ve ark., 2020
<i>E. cloacae</i>	<i>S. lycopersicum</i> (Domates)	+	Alnefai ve ark., 2020
<i>Pseudomonas</i> spp.	<i>V. vinifera</i> (Üzüm)	39 (B.O)	Aguilar ve ark., 2021
<i>Serratia</i> spp.	<i>V. vinifera</i> (Üzüm)	22 (B.O)	Aguilar ve ark., 2021
MH 51-8 ( <i>A. calcoaceticus</i> )	Arpa ( <i>H. vulgare</i> )	1,888 (S)	Bu çalışma

B.O: Benzerlik oranı, S: Skor

**Tablo 5.2.4.** Bazı PGPR bakterilerin MALDI-TOF MS Sonuçlarının Karşılaştırılması (Devamı)

<b>İzolat</b>	<b>İzole Edilen Rizosferik Bölge</b>	<b>(%Benzerlik oranı/Skor)</b>	<b>Kaynak</b>
<i>A. encheleia</i> MH 9-6	<i>V. sativa</i> (Fiğ)	1,972 (S)	Bu çalışma
<i>C. respiraculi</i> MH 29-1	<i>H. vulgare</i> (Arpa)	1,703 (S)	Bu çalışma
<i>B. atrophaeus</i> MH 28-1	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	2,188 (S)	Bu çalışma
<i>F. banpakuense</i> MH 19-1	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	1,955 (S)	Bu çalışma
<i>G. arilaitensis</i> MH 55-7	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	2,309 (S)	Bu çalışma
<i>P. chlororaphis</i> MH 29-6	<i>H. vulgare</i> (Arpa)	2,003 (S)	Bu çalışma
<i>B. agrestis</i> MH 38-4	<i>P. vulgaris</i> Fasulye	2,098 (S)	Bu çalışma
<i>P. syringae</i> MH 23-5	<i>A. ampeloprasum</i> Pırasa	1,865 (S)	Bu çalışma
<i>P. putida</i> MH 21-4	<i>S. melongena</i> Patlıcan	1,867 (S)	Bu çalışma
<i>S. badius</i> MH 5-5	<i>C. tinctorius</i> Aspir	1,903 (S)	Bu çalışma
<i>R. opacus</i> MH 15-4	<i>B. oleracea</i> Lahana	1,777 (S)	Bu çalışma
<i>P. psychrodurans</i> MH 46-8	<i>H. vulgare</i> (Arpa)	1,972 (S)	Bu çalışma
<i>P. oxydans</i> MH 34-8	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	2,086 (S)	Bu çalışma
<i>P. lutea</i> MH 52-6	<i>A. sativa</i> (Yulaf)	2,192 (S)	Bu çalışma
<i>P. umsongensis</i> MH 25-11	<i>C. arietinum</i> (Nohut)	1,736 (S)	Bu çalışma
<i>P. agglomerans</i> MH 53-2	<i>C. arietinum</i> (Nohut)	2,257 (S)	Bu çalışma
<i>P. illinoisensis</i> MH 13-5	<i>S. lycopersicum</i> (Domates)	1,755 (S)	Bu çalışma
<i>L. xylanilyticus</i> MH 63-6	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	1,889 (S)	Bu çalışma
<i>F. nitrogenifigens</i> MH 21-5	<i>S. melongena</i> (Patlıcan)	1,705 (S)	Bu çalışma
<i>E. cloacae</i> MH 43-3	<i>M. officinalis</i> (Yonca)	2,36 (S)	Bu çalışma
<i>C. lathyri</i> MH 48-6	<i>C. arietinum</i> (Nohut)	1,915 (S)	Bu çalışma
<i>C. joostei</i> MH 38-1	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	1,696 (S)	Bu çalışma
<i>C. elymi</i> MH 38-8	<i>P. vulgaris</i> (Fasulye)	1,760 (S)	Bu çalışma
<i>B. pseudomycoides</i> MH 35-1	<i>H. annuus</i> (Ayçiçek)	1,759 (S)	Bu çalışma
<i>B. mojavensis</i> MH 50-6	<i>T. aestivum</i> (Buğday)	2,052 (S)	Bu çalışma

B.O: Benzerlik oranı, S: Skor

#### 5.4. İzolatların Ağır Metal Dirençliliklerinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda izolatların ağır metal dirençliliği incelendiğinde; MH 43-3 izolatının kobaltın tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu; MH 57-7, MH 38-1, MH 21-4, MH 15-4, MH 19-3, MH 26-8 izolatlarının çinkonun tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu ve MH 51-8, MH 38-1, MH 35-5, MH 21-4, MH 49-4, MH 44-7, MH 15-4, MH 36-7, MH 44-3, MH 23-6, MH 44-5, MH 5-5, MH 25-16 izolatlarının ise bakırın tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.15 , Tablo 4.16 , Tablo 4.17, Tablo 4.18, Tablo 4.19). Elde edilen izolatlardan ağır metallere dirençli olanların özellikle ağır metal birikiminin olduğu toprakların iyileştirilmesinde ve bitkilerin büyümesini teşvik etme amacıyla kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Literatürde farklı ağır metallere karşı dirençlilik gösteren bakteriler ile çalışmamızda kobalt, çinko, bakıra karşı dirençlilik gösteren izolatlar aşağıda verilmiştir.

Hassen ve ark, (1998) yılında yaptıkları çalışmada ağır metalle kirlenmiş topraklardan izole ettikleri *Providencia rettgeri* S15 and *P. aeruginosa* S7 suşlarının 0,8mM  $Cu^{+1}$  konsantrasyonunda dirençli olduklarını, *P. aeruginosa* suşlarının 0,8mM  $Co^{+2}$  konsantrasyonunda dirençli olduklarını, *A. calcoaceticus* S23 ve *C. freundii* S24 suşlarının 0,8mM  $Zn^{+2}$  konsantrasyonunda dirençli olduklarını tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda; *P. aeruginosa* MH-20-4 izolatının  $Co^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Cu^{+1}$  ağır metallerinin 5mM, 10mM, 15mM konsantrasyonlarının tümüne duyarlı olduğu tespit edilmiş olup zon çapları sırasıyla;  $Co^{+2}$  için 19 mm, 19 mm, 19 mm,  $Cu^{+1}$  için 15 mm, 19 mm, 21 mm ve Zn için ise 9 mm, 11 mm, 13 mm olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.16) (Tablo 4.18).

Barzanti ve ark, (2007) *Alyssum bertolonii* bitkisinin rizosferinden izole ettikleri 83 bakteri üzerinde  $Ni^{+2}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$  ağır metallerinin farklı konsantrasyonlardaki etkilerini incelemişlerdir. Bu izolatlardan *Staphylococcus* spp.'nin çinkonun 5mM konsantrasyonuna dirençli, 15mM konsantrasyonuna duyarlı; kobalt ve bakırın 2mM konsantrasyonuna duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada; *S. aureus* MH 23-7 izolatının çinkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna, kobalt ve bakırın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca *S. capitis* MH 63-4 izolatının çinkonun 5mM konsantrasyonuna dirençli, 15mM konsantrasyonuna duyarlı, kobalt ve bakırın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.18). İlaveten *S. hominis* MH 50-4 izolatının ise çinkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna, kobalt ve bakırın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14) (Tablo 4.18).

Aynı araştırıcı *Bacillus* spp. 23 suşunun çinkonun 5mM konsantrasyonuna dirençli, 15 mm konsantrasyonuna duyarlı; bakırın ise 2mM konsantrasyonuna dirençli olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmamızda; *B. simplex* MH 34-5 inkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna konsantrasyonuna duyarlı, bakırın 5mM konsantrasyonuna duyarlı, kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.16). Çalışmamızda; *B. atrophaeus* MH 28-1, inkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna duyarlı, bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.18). Ayrıca bizim alışmamızda; *B. licheniformis* MH 14-2 inkonun 5mM konsantrasyonuna dirençli, 15mM konsantrasyonuna duyarlı olduğunu bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna ise duyarlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.16, Tablo 4.18). Yine aynı çalışmada; *Paenibacillus* spp 33 suşunun çinkonun 5mM konsantrasyonuna dirençli, 15 mm konsantrasyonuna duyarlı olduğunu, bakırın ise 2mM konsantrasyonuna dirençli olduğunu gözlemlenmişlerdir. Yaptığımız alışmada; *P. amylolyticus* MH 12-5 izolatının çinkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna duyarlı, bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu tespit edilmiştir. *P. apiarius* MH 37-3 izolatının ise çinkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna duyarlı, bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.18, Tablo 4.19).

Barzanti ve ark, (2007) *Arthrobacter* spp. 13 suşunun çinko ağır metaline karşı yaptıkları çalışmada; *Arthrobacter* spp 13 suşunun çinkonun 5mM konsantrasyonuna duyarlı, 15 mm konsantrasyonuna dirençli olduğunu; bakırın ise 2mM konsantrasyonuna dirençli olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız alışmada; *A. crystallopoietes* MH 60-1 izolatının çinkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna; bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.18). *A. parietis* MH 64-4 izolatının ise çinkonun 5mM konsantrasyonuna dirençli, 15mM konsantrasyonuna duyarlı, bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.16, Tablo 4.17). Aynı araştırıcı; *Microbacterium* spp. 20 suşunun çinkonun 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğunu, 15 mm konsantrasyonuna dirençli; bakırın ise 2mM konsantrasyonuna duyarlı olduğunu gözlemlenmişlerdir. Bizim alışmamızda; *M. saperdae* MH 24-15 izolatının çinkonun 5mM ve 15mM konsantrasyonuna duyarlı, bakır ve kobaltın 5mM konsantrasyonuna duyarlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.14) (Tablo 4.18).

Ahemad ve Malik, (2011) tarafından yapılan bir çalışmada; ağır metalle kontamine olmuş tarım topraklarından 34 bakteri izole edilmiş ve bunların morfolojik, biyokimyasal,

moleküler tanı sonucunda *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Staphylococcus* cinslerine ait oldukları tespit edilmiştir. Bu izolatların çinkoya karşı farklı konsantrasyonlarındaki büyüme oranlarını incelemişler; *Bacillus* spp. SN1 suşunun 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %51, 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %44, 250  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda ise %17 büyüme gösterdiğini bildirmişlerdir. *Pseudomonas* SN2 suşunun ise; 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %74, 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %53, 250  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %46 büyüme gösterdiğini belirlemişlerdir. *Staphylococcus* SN5 suşunun 50  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %84, 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda %62, 250  $\mu\text{g mL}^{-1}$   $\text{Zn}^{+2}$  konsantrasyonunda % 40 büyüme gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada; *S. capitis* MH 63-4 izolatının  $\text{Zn}^{+2}$ 'nin 5mM konsantrasyonunda zon çapı 10mm, 10mM konsantrasyonunda 11mm, 15mM konsantrasyonunda 18mm olduğu ölçülmüştür. Ayrıca *S. sciuri* MH 36-7 izolatının  $\text{Zn}^{+2}$ 'nin 5mM konsantrasyonunda zon çapının 19 mm, 10 mM konsantrasyonunda 16 mm, 15mM konsantrasyonunda 16 mm olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.16, Tablo 4.17).

Patel ve ark., (2016)'nin yaptıkları bir çalışmada; tarım alanlarından izole ettikleri *Pseudomonas* RZS3 ve *Alcaligenes* spp. RZS2 suşlarının  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NiCl}_2$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{HgCl}_2$  ve  $\text{FeCl}_3$ 'ün farklı konsantrasyonlarda dirençliliklerini araştırmışlardır. *Pseudomonas* RZS3 suşunun 1400 $\mu\text{M}$  çinko konsantrasyonuna ve *Alcaligenes* spp. RZS2'nin ise 1600 $\mu\text{M}$  çinko konsantrasyonuna dirençli olduğunu tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise; *A. faecalis* MH-64-1 izolatının kobalt, çinko ve bakırın 5mM, 10mM, 15mM konsantrasyonlarının tümüne duyarlı olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.17, Tablo 4.19).

Hamidpour ve ark., (2020) İran'ın Zanjan bölgesinde yaptıkları çalışmada; ağır metalle kontamine olmuş toprak örneğinden izole ettikleri *P. putida* P18, *P. putida* P15, *P. putida* P19 suşlarının çinkonun 25 $\text{mg L}^{-1}$ , 50 $\text{mg L}^{-1}$ , 200 $\text{mg L}^{-1}$  konsantrasyonundaki dirençliliklerini araştırmışlardır. *P. putida* P18 suşunun çinkonun 25 $\text{mg L}^{-1}$  ve 50 $\text{mg L}^{-1}$  konsantrasyonuna dirençli, 200 $\text{mg L}^{-1}$  konsantrasyonuna da duyarlı olduğunu; *P. putida* P15 suşunun ise çinkonun 25  $\text{mg L}^{-1}$  ve 50  $\text{mg L}^{-1}$  konsantrasyonuna dirençli, 200 $\text{mg L}^{-1}$  konsantrasyonuna duyarlı olduğunu; *P. putida* P19 suşunun çinkonun 25 $\text{mg L}^{-1}$ , 50 $\text{mg L}^{-1}$ , 200  $\text{mg L}^{-1}$  konsantrasyonuna dirençli olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise; *P. putida* MH 21-4 izolatının bakır ve çinkonun 5mM, 10mM, 15mM konsantrasyonlarının tümüne dirençli; kobaltın ise 5mM, 10mM, 15mM konsantrasyonlarına duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca zon çaplarının kobalt için



sırasıyla 13mm, 14mm, 14mm; çinko için sırasıyla 9mm, 11mm 13mm; bakır için sırasıyla 10mm, 12mm, 12mm olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.15) (Tablo 4.17) (Tablo 4.19).

### 5.5. İzolatların Antifungal Etkilerinin Değerlendirilmesi

Tablo 5.4.1'deki veriler dikkatle incelendiğinde; MH 28-1, MH 19-2, MH 25-16, MH 24-1, MH 29-1, MH 23-7 izolatlarımızın *Fusarium* sp.' ye karşı antifungal aktivite gösterdikleri belirlenmiş olup bu izolatlarımızdan MH 28-1'in antifungal aktivitesinin 53,57'lik engelleme oranıyla literatürde belirlenen izolatlardan çok daha yüksek engelleme potansiyele sahip oldukları görülmektedir. Bu etkinin izolatların çeşitli metabolitler, enzimler üretmesinden ve lokal/sistemik dayanıklılığı aktiveleştirme suretiyle gerçekleştirdiğine dair yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Tekiner ve ark., 2019). Çalışmamızda en etkili izolat (MH 28-1) dışındaki diğer 5 izolatımızda (MH 19-2, MH 25-16, MH 24-1, MH 29-1, MH 23-7) patojen gelişimini engellemede az da olsa etki ettiği tespit edilmiştir. Tablo 5.5.1'de literatürde farklı fitopatojenlere karşı antifungal aktivite gösteren bakteriler ve araştırmamızda *Fusarium* sp.'e karşı antifungal aktivite gösteren izolatlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo. 5.5.1.** Bazı PGPR Bakterilerin Antifungal Özelliklerinin Karşılaştırılması

İzolat	Fitopatojen	Antifungal aktivite/ % Engelleme oranı/Zon çapı(mm)	Kaynak
<i>B. circulans</i> EB 35	<i>F. solani</i>	20 (E.O)	Hameeda ve ark., 2006
<i>Pseudomonas</i> spp. CDB 35	<i>F. oxysporum</i>	44 (E.O)	Hameeda ve ark., 2006
<i>B. firmus</i>	<i>Fusarium</i> spp.	20 (E.O)	Hynes ve ark., 2008
<i>K. pneumoniae</i>	<i>F. avenaceum</i>	30 (E.O)	Hynes ve ark., 2008
<i>E. ludwigii</i> BNM 0357	<i>F. solani</i>	67 (E.O)	Shoebitz ve ark., 2009
<i>Actinomyces</i> spp. AD100	<i>F. culmorum</i>	21 mm	Yekkour ve ark., 2012
<i>Actinomyces</i> spp. strains AD115	<i>F. moniliforme</i>	7 mm	Yekkour ve ark., 2012
<i>Bacillus</i> spp. BPR7	<i>F. solani</i>	64,38 (E.O)	Kumar ve ark., 2012
<i>Bacillus</i> spp. BPR7	<i>F. oxysporum</i>	65,91 (E.O)	Kumar ve ark., 2012
<i>A. xylosoxidans</i> (KC010530)	<i>F. oxysporum</i>	62 (E.O)	Ngoma ve ark., 2013
<i>B. subtilis</i> Y1	<i>F. solani</i>	+	Shanlin ve ark., 2013

E.O: Engelleme oranı Z.Ç: Zon Çapı

**Tablo. 5.5.1.** Bazı PGPR Bakterilerin Antifungal Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

<b>İzolat</b>	<b>Fitopatojen</b>	<b>Antifungal aktivite/ % Engelleme oranı/Zon çapı(mm)</b>	<b>Kaynak</b>
A4	<i>F. oxysporum</i>	21,5 mm	Goswami ve ark., 2014
<i>Bacillus</i> spp. S2	<i>F. culmorum.</i>	30,6 (E.O)	Grobelak ve ark., 2015
<i>Bacillus</i> spp. (BT42)	<i>F. oxysporum</i>	11,1 (E.O)	Kejela ve ark., 2016
<i>Bacillus</i> spp. B14	<i>F. solani</i>	71 (E.O)	Sabaté ve ark., 2017
<i>Pseudomonas</i> spp. FR 14	<i>F. oxysporum</i>	41,81 (E.O)	Bakli ve Zenasni, 2019
<i>Pseudomonas</i> spp. FR15	<i>F. oxysporum</i>	34,54 (E.O)	Bakli ve Zenasni, 2019
<i>B. atrophaeus</i> MH 28-1	<i>Fusarium</i> spp.	53,57 (E.O)	Bu çalışma
<i>S. multivorum</i> MH 19-2	<i>Fusarium</i> spp.	44,84 (E.O)	Bu çalışma
<i>T. mucoides</i> MH 25-16	<i>Fusarium</i> spp.	31,74 (E.O)	Bu çalışma
<i>S. atrocyanea</i> MH 24-1	<i>Fusarium</i> spp.	21,83 (E.O)	Bu çalışma
<i>C. respiraculi</i> MH 29-1	<i>Fusarium</i> spp.	20,64 (E.O)	Bu çalışma
<i>S. aureus</i> MH 23-7	<i>Fusarium</i> spp.	15,87 (E.O)	Bu çalışma

E.O: Engelleme oranı Z.Ç: Zon Çapı

## 5.6. İzolatların PGP Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Bölüm 3.2 de ayrıntılı olarak belirtildiği üzere PGPR'ın doğrudan veya dolaylı yönde bitki gelişimini teşvik edici özellikleri mevcuttur. Bu özellikler arasında azot fiksasyonu, IAA üretimi, fosfat çözme, HCN üretimi, fitohormon üretimi, siderofor üretimi, indüklenmiş sistemik direnç (ISR) mekanizması, fitopatojenleri inhibe eden veya üremesini durduran antibiyotik veya bakteriyosin üretimi yer alır. Bundan dolayı araştırmamızda bakterilerin birçok araştırmacı tarafından tercih edilen yöntemlerle PGP özellikleri ölçülmüş ve analizi yapılmıştır.

İzolatların azot fiksasyon yeteneklerinin belirlenmesi Wilson ve Knight (1952) tarafından belirtilen protokole göre yapılmıştır. Bu yöntem izolatların azotsuz besiyerinde üreyip üreyemediklerine dayalı olarak gerçekleştirilen bir yöntemdir. Daha doğrusu izolatların azot fiksasyonu yapıp yapmadıklarını belirlemeye yönelik ilk aşamadır. Azotsuz ortamda üredikleri tespit edilen izolatlar ikinci yönteme tabi tutulmuşlardır. Bu ikinci yöntemde izolatlar JNFb yarı katı besiyerine inoküle edilmiş besiyeri yüzeyine yakın yerde ince bir zar tabakası gelişimi olup olmadığına göre seçilmişlerdir. Azot fiksasyon testinde en güvenilir yöntemin Asetilen redüksiyonu testi olduğu bilinse de bu test için kromatografik ölçüm için gerekli kromatografi cihazı olmadığı için ölçümler yapılamamıştır. Bu nedenle bulgular bölümünde sadece ilk yöntem olan azot fiksasyon testi verileri kullanılmıştır.

İzolatların PGP özelliklerinin analizinde birçok yöntem kullanılsa da eski ve yeni literatür dikkate alınarak en çok tercih edilen yöntemler [IAA üretiminin tespiti için Salkowski testi (Sarwar ve ark., 1995; Sezen, 2016), siderofor üretiminin tespiti için CAS blue agar yöntemi (Schwyn ve ark., 1987), Fosfat çözücülüğü için NBRIP-BPB besiyerinin kullanıldığı tayin yöntemi (Mehta ve Nautiyal, 2001), HCN üretiminin belirlenmesi amacıyla Bakker ve Schippers (1987)'in önerdiği yöntem] kullanılmıştır. Ayrıca izolatların ağır metal dirençliliklerinin belirlenmesinde well difüzyon yöntemi (Nithya ve ark., 2011) ve antifungal aktivitelerinin belirlenmesinde Tekiner ve ark, (2019)'ın önerdiği yöntem kullanılmıştır.

Elde edilen izolatların azot fikse etme potansiyelleri incelendiğinde; 34 tanesinin zayıf pozitif (%24), 20 tanesinin orta düzeyde pozitif (%14), 9 tanesinin kuvvetli pozitif (%6) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 25 tanesi (%18) fosfat çözücü özelliğine sahip olduğu, 41 tanesinin (%29) siderofor üretme yeteneğinde olduğu, 48 tanesinin (%34) HCN ve 28 tanesinin (%20) ise IAA (Indol-3-Asetik Asit) üretebildiği tespit edilmiştir. Tablo 5.6.1 ve

Tablo 5.6.2’de literatürdeki farklı bölgelerden alınan bakterilerin bitki gelişimini teşvik edici özelliklerinin (azot fiksasyonu, fosfat çözücülüğü, IAA üretimi, siderofor üretimi) verileri ve araştırmamızda elde ettiğimiz izolatların verileri karşılaştırmalı olarak belirtilmiştir.

**Tablo 5.6.1.** Bazı PGPR Bakterilerin Azot Fiksasyonu ve Fosfat Çözücü Özelliklerinin Karşılaştırılması

<b>İzolat</b>	<b>Azot Fiksasyonu</b>	<b>Fosfat (mg/l / mm)</b>	<b>Kaynak</b>
<i>P. chlororaphis</i> GN2118	-	-	Cattelan ve ark., 1999
<i>P. cepacia</i> GN1201	-	-	Cattelan ve ark., 1999
BS58	-	+	Husen, 2003
TS3	-	-	Husen, 2003
<i>A. lipoferum</i> N7	+	-	Mehnaz,ve Lazarovits., 2006
<i>P. putida</i> CQ179	-	+	Mehnaz ve Lazarovits., 2006
<i>Rhizobium</i> spp. UPMSP3	+	18,5 mg/l	Yasmin ve ark., 2007
<i>Bacillus</i> spp. PSB1	+	+	Wani ve ark., 2007
<i>A. chroococcum</i> A4	-	+	Wani ve ark, 2007
<i>E. ludwigii</i> BNM 0357	+	+	Shoebitz ve ark., 2009
<i>Rhizobium</i> spp strain Pf 913	++	+	Govindasamy ve ark., 2009
<i>Rhizobium</i> spp.strain GKA-3	+	-	Govindasamy ve ark., 2009
<i>Bacillus</i> spp. BPR1	+	23 mg/l	Kumar ve ark., 2012
<i>Stenotrophomonas</i> sp. UYSO33	-	2,9 mg/l	Taulé ve ark., 2012
<i>G. diazotrophicus</i> PAL5	+	-	Taulé ve ark., 2012
<i>A. xylooxidans</i> (KC010530)	+	0,77 mg/l	Ngoma ve ark., 2013
<i>S. maltophilia</i> (KC010525)	-	-	Ngoma ve ark., 2013
<i>Klebsiella</i> spp. BN-4A	++	33,17 mg/l	Shrivastava ve ark., 2013
<i>Pseudomonas</i> spp. PN-4D	+	17,47 mg/l	Shrivastava ve ark., 2013
<i>P. kribbensis</i> HS-R01	+	0,3 µg/ml	Ji ve ark., 2014
<i>B. megaterium</i> KW7-R08	+	0,6 mg/l	Ji ve ark., 2014

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (++) orta derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (+++) kuvvetli derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (-) ise azot fiksasyonu yapmadıklarını ifade etmektedir.

**Tablo 5.6.1.** Bazı PGPR Bakterilerin Azot Fiksasyonu ve Fosfat Çözücü Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	Azot Fiksasyonu	Fosfat (mg/l / mm)	Kaynak
<i>P. plecoglossicida</i> SDT4	-	+	Andrades ve ark., 2014
<i>B. megaterium</i>	+	-	Kumar ve ark., 2014
Gr5	-	+	Goswami ve ark., 2014
A4	-	+	Goswami ve ark., 2014
<i>P. composti</i> SDT3	-	+	Andrades ve ark., 2014
<i>P. fluorescens</i> S4	-	-	Grobelak ve ark., 2015
<i>Enterobacter</i> spp. A7CK	+	2,5 mg/l	Ghosh ve ark., 2015
<i>E. cloacae</i> A3CK	+	4 mg/l	Ghosh ve ark., 2015
<i>Stenotrophomonas</i> spp. AJK-9	-	4 mg/l	Majeed ve ark., 2015
<i>S. marcescens</i> IARI-THW-5	++	143,5 µg/ml	Ashok ve ark., 2015
<i>S. globisporus</i> AM2-2	-	-	Shrivastava ve ark., 2015
<i>S. globisporus</i> AM2-3	-	+	Shrivastava ve ark., 2015
<i>P. fluorescens</i> Rm4	+	-	Pashapour ve ark., 2016
<i>P. fluorescens</i> Rm4	-	-	Pashapour ve ark., 2016
<i>Bacillus</i> spp. EN1	+	-	Orhan, 2016
<i>E. aurantiacum</i> EN9	-	-	Orhan, 2016
<i>Enterobacter</i> spp.10 (E1-2)	+	8 mg/l	Lamizadeh ve ark., 2016
<i>Micrococcus</i> spp.10 (E1-5)	+	2 mg/l	Lamizadeh ve ark., 2016
<i>P. mucilaginosus</i> 3016	+	10,17 mg/l	Ma ve ark., 2018
<i>B. brevis</i> P-01	++	+	Chakra ve ark., 2019
<i>S. detergens</i>	-	-	Guerrieri ve ark., 2020
<i>P. indoloxydans</i>	+	-	Guerrieri ve ark., 2020
RS3	+	+	Mazumdar ve ark., 2020
RS48	+	-	Mazumdar ve ark., 2020

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (++) orta derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (+++) kuvvetli derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (-) ise azot fiksasyonu yapmadıklarını ifade etmektedir.

**Tablo 5.6.1.** Bazı PGPR Bakterilerin Azot Fiksasyonu ve Fosfat Çözücü Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	Azot Fiksasyonu	Fosfat (mg/l / mm)	Kaynak
<i>Bacillus</i> spp. WM13-24	+	18,66 mg/l	He ve ark., 2021
<i>Pseudomonas</i> spp. M30-35	+	3.74 mg/l	He ve ark., 2021
<i>S. schleiferi</i> MH 18-1	+++	+	Bu çalışma
<i>T. mucoides</i> MH 25-16	+	+	Bu çalışma
<i>H. alvei</i> MH 34-3	+++	-	Bu çalışma
<i>P. congelans</i> MH 11-2	+	+	Bu çalışma
<i>S. suis</i> MH 32-7	+++	-	Bu çalışma
<i>S. griseus</i> MH 14-3	+++	-	Bu çalışma
<i>T. mucoides</i> MH 25-16	+++	+	Bu çalışma
<i>W. viridescens</i> MH 25-15	+++	+	Bu çalışma
<i>C. freundii</i> MH 25-13	+++	-	Bu çalışma
<i>C. kefyri</i> MH 25-2	+++	-	Bu çalışma
<i>C. guilliermondii</i> MH 56-2	+++	-	Bu çalışma
<i>B. natatoria</i> MH-63-7	++	+	Bu çalışma
<i>S. atrocyanea</i> MH 24-1	++	+	Bu çalışma
<i>A. evansii</i> MH 60-3	++	+	Bu çalışma
<i>A. crystallopoietes</i> MH 60-1	+	+	Bu çalışma
<i>A. woluwensis</i> MH 57-4	-	+	Bu çalışma
<i>A. indigena</i> MH 24-17	-	+	Bu çalışma
<i>B. subtilis</i> MH 44-1	-	+	Bu çalışma
<i>C. elymi</i> MH 38-8	++	+	Bu çalışma
<i>E. cloacae</i> MH 43-3	+	+	Bu çalışma
<i>L. coryniformis</i> MH 63-5	+	+	Bu çalışma

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (++) orta derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (+++) kuvvetli derecede azot fiksasyonu yaptıklarını, (-) ise azot fiksasyonu yapmadıklarını ifade etmektedir.

**Tablo 5.6.2.** Bazı PGPR Bakterilerinin IAA, HCN, Siderofor Özelliklerinin Karşılaştırılması

İzolat	IAA (µg/ml / mm)	HCN	Siderofor (mm / mg l <sup>-1</sup> )	Kaynak
<i>P. chlororaphis</i> GN2118	-	+	-	Cattelan ve ark., 1999
BS58	14,93 µg/ml	-	+	Husen, 2003
<i>P. fluorescens</i> PGPR1	3,6 µg/ml	-	5,0 mm	Dey ve ark., 2004
<i>P. fluorescens</i> PGPR2	7,8 µg/ml	-	7,6 mm	Dey ve ark., 2004
<i>Pseudomonas</i> spp. CDB 35	33 µg/ml	+	+	Hameeda ve ark., 2006
<i>Bacillus</i> spp. PSB1	11,3 µg/ml	+	13 mm	Wani ve ark., 2007
<i>A. chroococcum</i> A4	9,5 µg/ml	+	14 mm	Wani ve ark., 2007
<i>P. gordonae</i>	4,18 µg/ml	-	-	Hynes ve ark., 2008
<i>S. grimesii</i>	3,47 µg/ml	-	1,39 mm	Hynes ve ark., 2008
<i>Rhizobium</i> strain RL9	6,4 µg/ml	+	12 mm	Ahmad ve ark., 2008
<i>P. putida</i>	47,24 µg/ml	+	9,26 mm	Akhtar ve Siddiqui, 2009
<i>P. alcaligenes</i>	44,72 µg/ml	+	8,36 mm	Akhtar ve Siddiqui, 2009
<i>P. fragi</i> CS11RH1	12,13 µg/ml	+	+	Selvakumar ve ark., 2009
<i>Rhizobium</i> spp. GKA-3	+	-	-	Govindasamy ve ark., 2009
<i>P. aeruginosa</i> HR4	0,24 µg/ml	-	+	Patel ve ark., 2012
<i>Bradyrhizobium</i> spp. MRM6	29 µg/ml	+	13 mm	Ahemad ve Khan, 2012
<i>Stenotrophomonas</i> spp. UYSO33	7,6 µg/ml	-	-	Taulé ve ark., 2012
<i>G. diazotrophicus</i> PAL5	31,9 µg/ml	-	-	Taulé ve ark., 2012
<i>Klebsiella</i> spp. BN-4A	4,67 µg/ml	-	+	Shrivastava ve ark., 2013
<i>Pseudomonas</i> spp. PN-4D	1,92 µg/ml	-	+	Shrivastava ve ark., 2013
<i>A. xylosoxidans</i> (KC010530)	0,77 mg/ml	+	-	Ngoma ve ark., 2013
<i>S. maltophilia</i> (KC010525)	0,32 mg/ml	-	-	Ngoma ve ark., 2013
<i>P. kribbensis</i> HS-R01	24 µ/ml	+	+	Ji ve ark., 2014

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede IAA ürettiklerini, (++) orta derecede IAA ürettiklerini, (+++) ise kuvvetli derecede IAA ürettiklerini ifade etmektedir.

**Tablo 5.6.2.** Bazı PGPR Bakterilerinin IAA, HCN, Siderofor Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	IAA ( $\mu\text{g/ml}$ / mm)	HCN	Siderofor (mm / $\text{mg l}^{-1}$ )	Kaynak
<i>B. megaterium</i> KW7-R08	3,1 $\mu\text{g/ml}$	+	+	Ji ve ark., 2014
<i>Pseudomonas</i> spp	21 $\mu\text{g/ml}$	-	21 mm	Sharma ve ark., 2014
<i>P. composti</i> SDT3	-	-	3,2 mm	Andrades ve ark., 2014
<i>A. chlorophenolicus</i>	15,9 $\mu\text{g/ml}$	+	-	Kumar ve ark., 2014
<i>B. megaterium</i>	19 $\mu\text{g/ml}$	-	+	Kumar ve ark., 2014
<i>P. plecoglossicida</i> SDT4	-	-	2,4 mm	Andrades ve ark., 2014
<i>Bacillus</i> spp. S2	0,68 $\mu\text{g/ml}$	-	-	Grobelaç ve ark., 2015
<i>P. fluorescens</i> S4	25,46 $\mu\text{g/ml}$	-	+	Grobelaç ve ark., 2015
<i>E. cloacae</i> A7CK	142,6 $\mu\text{g/ml}$	-	6,3 mm	Ghosh ve ark., 2015
<i>E. cloacae</i> A3CK	155,0 $\mu\text{g/ml}$	-	8,7 mm	Ghosh ve ark., 2015
<i>Pseudomonas</i> spp. JDB3	+	+	-	Dalal ve Kulkarni, 2015
HB3	5,11 $\mu\text{g/ml}$	+	3.22 $\text{mg l}^{-1}$	Kesaulya ve ark., 2015
<i>S. marcescens</i> IARI-THW-5	21,29 $\mu\text{g/ml}$	+	+	Ashok ve ark., 2015
<i>Burkholderia</i> spp. JDB23	+	-	+	Dalal ve Kulkarni., 2015
<i>S. globisporus</i> AM2-2	+	-	+	Shrivastava ve ark., 2015
<i>S. globisporus</i> AM2-3	+	+	+	Shrivastava ve ark., 2015
HB 18	0,857 $\mu\text{g/ml}$	-	4.21 $\text{mg l}^{-1}$	Kesaulya ve ark., 2015
<i>P. fluorescens</i> Rm4	4.95 $\mu\text{g/ml}$	+	-	Pashapour ve ark., 2016
<i>P. fluorescens</i> Rm6	4,40 $\mu\text{g/ml}$	+	1,66 mm	Pashapour ve ark., 2016
<i>Bacillus</i> spp. EN1	+	+	-	Orhan, 2016
<i>B. gibsonii</i> EN6	+	-	-	Orhan, 2016
<i>Microbacterium</i> spp.	+	-	-	Abbamondi ve ark., 2016
<i>Pseudomonas</i> spp. KNP-19	+	+	+	Singh ve Lal, 2016

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede IAA ürettiklerini, (++) orta derecede IAA ürettiklerini, (+++) ise kuvvetli derecede IAA ürettiklerini ifade etmektedir.



**Tablo 5.6.2.** Bazı PGPR Bakterilerinin IAA, HCN, Siderofor Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	IAA (µg/ml/ mm)	HCN	Siderofor (mm / mg l <sup>-1</sup> )	Kaynak
<i>Streptomyces</i> spp. SAI-13	12,4 µg/ml	+	+	Sreevidya ve ark., 2016
<i>Streptomyces</i> spp. VAI-7	6,6 µg/ml	-	+	Sreevidya ve ark., 2016
<i>P. stutzeri</i> PPB12	29,25 µg/ml	-	-	Islam ve ark., 2016
H7	45,4 µg/ml	+	+	Modi ve ark., 2017
M2	48,4 µg/ml	+	+	Modi ve ark., 2017
<i>Bacillus</i> spp. BS 1	11,50 µg/ml	+	+	Chari ve ark., 2018
<i>B. brevis</i> SP-01	7,5 mm	+	+	Chakra ve ark., 2019
<i>B. subtilis</i> P1	4,99 µg/ml	-	-	Khan ve ark., 2019
<i>P. frederiksbergensis</i> S6	+	+	+	Mahdi ve ark., 2021
<i>Enterobacter</i> spp. QE3	-	+	-	Mahdi ve ark., 2021
<i>P. vulneris</i> MH 8-6	+++	-	12 mm	Bu çalışma
<i>S. warnei</i> MH 21-1	+++	-	3 mm	Bu çalışma
<i>P. lutea</i> MH 52-6	+++	-	-	Bu çalışma
<i>S. badius</i> MH 5-5	+++	-	-	Bu çalışma
<i>P. jessenii</i> MH 12-4	+++	-	4 mm	Bu çalışma
<i>P. brassicacearum</i> MH 31-2	+++	-	-	Bu çalışma
<i>P. koreensis</i> MH 58-9	+++	+	-	Bu çalışma
<i>D. pigrum</i> MH 27-5	-	-	17 mm	Bu çalışma
<i>P. agglomerans</i> MH 53-2	+++	-	15 mm	Bu çalışma

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede IAA ürettiklerini, (++) orta derecede IAA ürettiklerini, (+++) ise kuvvetli derecede IAA ürettiklerini ifade etmektedir.

**Tablo 5.6.2.** Bazı PGPR Bakterilerinin IAA, HCN, Siderofor Özelliklerinin Karşılaştırılması (Devamı)

İzolat	IAA ( $\mu\text{g/ml/ mm}$ )	HCN	Siderofor (mm / $\text{mg l}^{-1}$ )	Kaynak
<i>B. pumilus</i> MH 57-7	-	-	12 mm	Bu çalışma
<i>A. crystallopoietes</i> MH 60-1	-	-	12 mm	Bu çalışma
<i>B. licheniformis</i> MH 14-2	-	-	13 mm	Bu çalışma
<i>M. rhodesianum</i> MH 46-9	+	-	13 mm	Bu çalışma
<i>S. maltophilia</i> MH 44-5	+	-	14 mm	Bu çalışma
<i>B. subtilis</i> MH 44-1	-	-	12 mm	Bu çalışma
<i>B. natatoria</i> MH 63-7	-	-	11 mm	Bu çalışma
<i>P. aurescens</i> MH 21-2	-	-	10 mm	Bu çalışma
<i>P. histidinolovorans</i> MH 58-6	+	-	12 mm	Bu çalışma
<i>P. vulneris</i> MH 8-6	+++	-	12 mm	Bu çalışma
<i>P. extremorientalis</i> MH 8-1	+	+	11 mm	Bu çalışma
<i>P. putida</i> MH 21-4	-	+	11 mm	Bu çalışma
<i>P. poae</i> MH 27-9	++	-	8 mm	Bu çalışma

\*Tabloda yer alan (+) izolatların zayıf derecede IAA ürettiklerini, (++) orta derecede IAA ürettiklerini, (+++) ise kuvvetli derecede IAA ürettiklerini ifade etmektedir.

## SONUÇ

Dünya nüfusunun giderek artması, teknolojideki ilerlemeler bilim insanlarını sürdürülebilir tarım ya da akıllı tarım uygulamaları için yeni yöntem ve buluşlara yönlendirmiştir. Tarım alanlarının giderek azalması, ürün kaybı, küresel ısınma, kuraklık, doğal afetler sonucu her yıl verim kaybı artmakta bu durum mevcut tarım arazilerinin daha dikkatli akıllı yöntemlerle korunmasını ön plana çıkarmaktadır. Tarımda sürdürülebilirlik sadece toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirme değil aynı zamanda topraktaki biyolojik yapının da korunması anlamına da gelir. Bu yüzden toprakta biyolojik aktiviteyi ve toprak performansını artırıcı her türlü çevre dostu faaliyet tarımsal sürdürülebilirlik için hayati öneme sahiptir. Toprağın birim alanındaki verimini artırmak için kullanılan pestisit ve kimyasal içerikli gübreler orta ve uzun vadede tarımsal toprakları tehdit etmektedir. Toprak ve su kirliliğine neden olmayan, doğa dostu başka bir deyişle yeşil üretimin kullanımı hem küresel ölçekte hem de ülkemiz açısından son derece stratejik öneme sahiptir.

Toprakta bulunan faydalı bakteriler veya bitki probiyotiği denilen bazı bakteriler doğrudan veya dolaylı biyokimyasal süreçlerle bitki gelişimine katkı sağlamaktadır. Bitki gelişimini artıran bu bakteriler (PGPR) bitki gelişimini desteklemekle kalmaz patojen mikroorganizmaların üremesini ve gelişimini engeller ayrıca bitkinin topraktan alamadığı besin elementlerini temin etmede bitkiye destek olurlar. Bu yüzden mikrobiyal içerikli gübreler verim artırıcı, doğa dostu, maliyeti düşük gübreler olup ülkemiz açısından katma değeri çok yüksektir.

Bölgesel anlamda bakıldığında her bölgenin toprak fiziko-kimyasal yapısı, iklim koşulları, mikrobiyal popülasyon dağılımı farklılık göstermektedir. Dolayısıyla etkin biyogübre formülasyonlarını hazırlamak için o bölgenin toprak biyotik ve abiyotik koşullarının iyi bilinmesi gerekir. Özellikle kendi bölgesinde yayılış gösteren yerel bakteri türleri bu formülasyonların hazırlanmasında ve yerel kültür koleksiyonunun oluşturulmasında oldukça büyük önem arz etmekte olup çalışmalar bu konuda yoğunlaşmaktadır. Bu araştırmada, Kırşehir ve ilçelerindeki topraklardan izole ederek tanımladığımız yerel suşlar ve bunların bitki gelişimini desteklemedeki rolleri bölgenin mikrobiyal gübre envanterinin çıkarılması açısından son derece önemlidir. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler bu yönüyle özgün olup Kırşehir ilinde yapılan ilk yerel mikrobiyal gübre envanterinin çıkarılması özelliğindedir taşımaktadır.

Çalışmamızda; Kırşehir ilinin farklı bölgelerinden bakteriler izole edilip MALDI TOF-MS yöntemiyle tanımlanmış, bitki büyümesini teşvik edici özellikleri incelenmiş ve 56 farklı cinse ait 142 adet bakteri türü tespit edilmiştir. İzolatlarımızın çoğu en az bir PGP (Bitki gelişimini teşvik edici) özellik (IAA üretimi, azot fiksasyonu, fosfor çözme, siderofor, HCN üretimi) bakımından pozitif sonuç vermiştir. Bu veriler ışığında 142 izolattan 103 tanesi en az bir PGP özellik bakımından pozitifdir. Dolayısıyla çalışmamız sonucu elde ettiğimiz izolatlarımızın %72'sinin mikrobiyal gübre üretiminde kullanım potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Özellikle fosfat çözme, azot fiksasyonu, siderofor üretimi bakımından pozitif olan MH 60-3 (*Aromatoleum evansii*), MH 60-1 (*Arthrobacter crystallopoietes*), MH 63-7 (*Blastomonas natatoria*), MH 46-9 (*Methylobacterium rhodesianum*), MH 58-6 (*Paenarthrobacter histidinolovarans*), MH 53-2 (*Pantoea agglomerans*), MH 19-2 (*Sphingobacterium multivorum*) izolatlarımızın mikrobiyal gübre üretiminde kullanım potansiyelleri oldukça yüksektir. Diğer taraftan MH 25-2 (*Candida kefyr*), MH 56-2 (*Candida guilliermondii*), MH 25-13 (*Citrobacter freundii*), MH 34-3 (*Hafnia alvei*), MH 18-1 (*Staphylococcus schleiferi*), MH 32-7 (*Staphylococcus suis*), MH 14-3 (*Streptomyces griseus*), MH 25-16 (*Trichosporon mucoides*), MH 25-15 (*Weissella viridescens*) izolatlarımız azot fiksasyonu bakımından yüksek değere sahiptir. MH 53-2 (*Pantoea agglomerans*), MH 8-6 (*Pseudomonas vulneris*), MH 31-2 (*Pseudomonas brassicacearum*), MH 29-6 (*Pseudomonas chlororaphis*), MH 50-8 (*Pseudomonas jessenii*), MH 58-9 (*Pseudomonas koreensis*), MH 52-6 (*Pseudomonas lutea*), MH 11-4 (*Pseudomonas thivervalensis*), MH 1-3 (*Sphingobacterium spiritivorum*), MH 21-1 (*Staphylococcus warneri*), MH 5-5 (*Streptomyces badius*) izolatlarımızın ise yüksek oranda IAA ürettikleri tespit edilmiştir. Çalışmamızda mikrobiyal gübre olarak kullanım potansiyeline sahip izolatlarımızın antifungal aktivitelerine baktığımızda; MH 28-1 (*Bacillus atrophaeus*), MH 19-2 (*Sphingobacterium multivorum*), MH 25-16 (*Trichosporon mucoides*), MH 24-1 (*Sinomonas atrocyanea*), MH 29-1 (*Cupriavidus respiraculi*), MH 23-7 (*Staphylococcus aureus*)'nin *Fusarium* sp.'ye karşı antifungal aktivite gösterdikleri belirlenmiş olup bunlardan MH 28-1'in en yüksek antifungal aktiviteye (53,57'lik engelleme oranı) sahip olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda ayrıca izolatlarımızın ağır metal dirençliliği incelenmiş; MH 43-3 (*Enterobacter cloacae*) izolatının kobaltın tüm konsantrasyonlarına dirençli, MH 57-7 (*Bacillus pumilus*), MH 38-1 (*Chryseobacterium joostei*), MH 21-4 (*Pseudomonas putida*), MH 15-4 (*Rhodococcus opacus*), MH 19-3 (*Stenotrophomonas acidaminiphila*), MH 26-8

(*Streptomyces phaeochromogenes*) izolatlarının çinkonun tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu ve MH 51-8 (*Acinetobacter calcoaceticus*), MH 38-1 (*Chryseobacterium joostei*), MH 35-5 (*Lactobacillus kefir*), MH 21-4 (*Pseudomonas putida*), MH 49-4 (*Pseudarthrobacter polychromogenes*), MH 44-7 (*Ralstonia* sp.), MH 15-4 (*Rhodococcus opacus*), MH 36-7 (*Staphylococcus sciuri*), MH 44-3 (*Stenotrophomonas* sp.), MH 23-6 (*Stenotrophomonas nitritireducens*), MH 44-5 (*Stenotrophomonas maltophilia*), MH 5-5 (*Streptomyces badius*), MH 25-16 (*Trichosporon mucoides*) izolatlarımızın bakırın tüm konsantrasyonlarına dirençli olduğu tespit edilmiştir. Toprakta ağır metal birikimi toprağın fiziko-kimyasal yapısını ve biyolojik süreçlerini önemli derecede bozmakta olup verim kayıplarına yol açmaktadır. Yaptığımız çalışmada özellikle ağır metalle kontamine olmuş toprakların biyoremediasyonunda ve toprakların iyileştirilmesinde ağır metallerle dirençli türlerin kullanılabilmesi değerlendirilmektedir.

Mevcut veriler ışığında bitki büyümesini teşvik edici özelliklere sahip farklı mikroorganizmalar içeren suşların geliştirilmesi dünya ve özellikle ülkemiz tarımı açısından son derece önemlidir. Bilhassa bitki gelişimini teşvik edici özelliklere sahip yeni yerel bakteri suşlarının farklı bitkiler üzerinde uygulanması biyogübre (mikrobiyal gübre) konusunda yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır.

## KAYNAKÇA

- Abbamondi, G.R., Tommonaro, G., Weyens, N., Thijs, S., Sillen, W., Gkorezis, P., Vangronsveld, J., 2016, Plant growth-promoting effects of rhizospheric and endophytic bacteria associated with different tomato cultivars and new tomato hybrids. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3(1), 1-10.
- Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvari, M., Ghorbanpour, M., 2016, Increasing phytoremediation efficiency of heavy metal-contaminated soil using PGPR for sustainable agriculture, in plant-microbe interaction: an approach to sustainable agriculture, *Springer*, 187-204.
- Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem, I.B.M., 2012, Agricultural importance of algae, *African Journal of Biotechnology*, 11, 11648-11658.
- Adiloğlu, S., Sağlam, M., 2015, Karayolu kenarlarındaki tarım arazilerindeki topraklarda ekstrakte edilebilir kobalt içerikleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(3), 24-29.
- Aeron, A., Pandey, P., Kumar, S., Maheshwari, D.K., 2001, Emerging role of plant growth promoting Rhizobacteria, D.K. Maheshwari (Ed.). *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystem*, 1-26.
- Aguilar, M.O., Alvarez, F., Medeot, D., Jofré, E., Semorile, L., Pistorio, M., 2021, Screening of epiphytic rhizosphere-associated bacteria in Argentinian Malbec and Cabernet-Sauvignon vineyards for potential use as biological fertilisers and pathogen-control agents. *OENO One*, 55(4), 145-157.
- Ahemad, M., Malik, A., 2011, Bioaccumulation of heavy metals by zinc resistant bacteria isolated from agricultural soils irrigated with waste water, *Bacteriol., J.*, 2, 12-21.
- Ahemad, M., Khan, M.S., 2012, Productivity of greengram in tebuconazole–stressed soil, by using a tolerant and plant growth-promoting *Bradyrhizobium* spp, MRM6 strain, *Acta Physiol. Plant*, 34, 245-254.

- Ahemad, M., Kibret, M., 2014, Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective, *Journal of King Saud University-Science*, 26(1), 1-20.
- Ahmad, P., Khan, M., Zaidi, A., 2008, Impact of zinc-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria on lentil grown in zinc-amended soil, *Agronomy for Sustainable Development*, 28(3), 449-455.
- 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).
- Akhtar, M.S. and Siddiqui, Z.A., 2009, Use of plant growth-promoting rhizobacteria for the biocontrol of root-rot disease complex of chickpea, *Australasian Plant Pathology*, 38 (1), 44-50.
- Alaylar, B., Gulluce, M., Karadayı, G., Karadayı, M., 2018, Isolation of PGPR strains with phosphate solubilizing activity from Erzurum and their molecular evaluation by using newly designed specific primer for pqqB gene, *IJSER*, 9(5), 103-106.
- Alemu, F., 2016, Isolation of *Pseudomonas fluorescens* from rhizosphere of faba bean and screen their hydrogen cyanide production under in vitro study Ethiopia, *Am. J. Life Sci.*, 4 (2),13-19.
- Aloni, R., Aloni, E., Langhans, M., Ullrich, CI., 2006, Role of cytokinin and auxin in shaping root architecture: regulating vascular differentiation, lateral root initiation, root apical dominance and root gravitropism, *Ann. Bot.*, 97, 883-893.
- Alnefai, M.H., Metwali, E.M., Almaghrabi, O.A., Abdelmoneim, T.S., 2020, Biological studies on the effect of plant growth promoting rhizobacteria on tomato (*Solanum lycopersicum*) plants, *Journal of American Science*, (2)16.
- Amara, U., Khalid, R., Hayat, R., 2015, Soil bacteria and phytohormones for sustainable crop production. In D. K. Maheshwari (Ed.), *Bacterial metabolites in sustainable agroecosystem*, Springer International, 87-103.

- An, R., 2016, Studies on regulation of pqq-dependent phosphate solubilization among rhizosphere dwelling bacteria, *Plant and Soil Sciences*, 3, 20-40.
- Andrades-Moreno, L., Del Castillo, I., Parra, R., Doukkali, B., Redondo-Gómez, S., Pérez-Palacios, P., Rodríguez-Llorente, I.D., 2014, Prospecting metal-resistant plant-growth promoting rhizobacteria for rhizoremediation of metal contaminated estuaries using spartina densiflora, *Environmental Science and Pollution Research*, 21(5), 3713-3721.
- Andrews, S.C., Robinson, A.K., Rodríguez-Quñones, F., 2003, Bacterial iron homeostasis, *FEMS Microbiol Rev.*, 27, 215-237.
- Anhalt, J.P., Fenselau, C., 1975, Identification of bacteria using mass spectrometry, *Anal Chem* 47, 219–225.
- Annapurna, K., Kumar, A., Kumar, L.V., Govindasamy, V., Bose, P., Ramadoss, D. 2013, PGPR-induced systemic resistance (ISR) in plant disease management, *In Bacteria in Agrobiolology: Disease Management*, Springer, 405-425.
- Arnison, P.G., Bibb, M.J., Bierbaum, G., Bowers, A.A., Bugni, T.S., Bulaj, G., Van Der Donk, W.A., 2013, Ribosomally synthesized and post-translationally modified peptide natural products: overview and recommendations for a universal nomenclature, *Natural Product Reports*, 30 (1), 108-160.
- Arshad, M., Saleem, M., Hussain, S., 2007, Perspectives of bacterial ACC deaminase in phytoremediation, *Trends in Biotechnology*, 25 (8), 356-362.
- Ashok, K., Bihari, R.M., Richa, R., 2015, Characterization of bacterial strains and their impact on plant growth promotion and yield of wheat and microbial populations of soil, *African Journal of Agricultural Research*, 10 (12), 1367-1375.
- 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).
- Atzorn, R., Crozier, A., Wheeler, C.T., Sandberg, G., 1988, Production of gibberellins and indole-3-acetic acid by *Rhizobium phaseoli* in relation to nodulation of *Phaseolus vulgaris* roots, *Planta*, 175, 532-538.



- Avdiushko, S.A., Ye, X.S., Kuc, J., 1993, Detection of several enzymatic activities in leaf prints cucumber plant, *Physiol, Mol. Plant Pathol.*, 42, 441-454.
- Ayhan, B., Ekmekçi, Y., Tanyolaç, D., 2005, Bitkilerde ağır metal zararları ve korunma mekanizmaları, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (7), 1-16.
- Azziz, G., Bajsa, N., Haghjou, T., Taule, C., Valverde, A., Igual, J.M., Arias, A., 2012, Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop-pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay, *Appl. Soil Ecol.*, 61, 320-326.
- Babalola, O.O., 2010, Beneficial bacteria of agricultural importance, *Biotechnology Letters*, 32 (11), 1559-1570.
- Bharti, V., Mehta, A., Singh, S., Jain, N., Ahirwal, L.I., Mehta, S., 2015, Bacteriocin: a novel approach for preservation of food, *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 7 (9), 20-29.
- Bais, H.P., Park, S.W., Weir, T.L., Callaway, R.M., Vivanco, J.M., 2004, How plants communicate using the underground information superhighway, *Trends Plant Sci.*, 9, 26-32.
- Baisak, R., Rana, D., Acharya, P.B., Kar, M., 1994, Alterations in the activities of active oxygen scavenging enzymes of wheat leaves subjected to water stress, *Plant Cell Physiol* 35, 489-495.
- Bakli, M. and Zenasni, A., 2019, Isolation of *Pseudomonas fluorescent* spp. strains from rhizosphere agricultural soils and assessment of their role in plant growth and phytopathogen biocontrol, *Research Journal of Agricultural Science*, 51 (1), 20-29.
- Bakker, A.W., Schippers, B., 1987, Microbial cyanide production in the rhizosphere in relation to potato yield reduction and *Pseudomonas* spp.-mediated plant growth-stimulation, *Soil Biol. Biochem.*, 19, 451-457.
- Bal, T., 2012, *Aşkale Manyezit Ocaklarından Cevher Zenginleştirme Potansiyeli Bulunan Bakterilerin İzolasyonu ve Moleküler Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- 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 and Soil*, 366 (1), 93-105.
- Baldani, J.I., Reis, V.M., Videira, S.S., Boddey, L.H., Baldani, V.L.D., 2014, The art of isolating nitrogen-fixing bacteria from non-leguminous plants using N-free semi-solid media: a practical guide for microbiologists, *Plant and Soil*, 384 (1-2), 413-431.
- Barakat, M.A., 2011, New trends in removing heavy metals from industrial wastewater, *Arab. J. Chem.*, 4, 361-377.
- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R., Aguilar, C.A., 2005, Microbial co-operation in the rhizosphere, *J. Exp. Bot.*, 56, 1761-1778.
- Barzanti, R., Ozino, F., Bazzicalupo, M., 2007, Isolation and characterization of endophytic bacteria from the nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii*, *Microb. Ecol.*, 53, 306-31.
- Bashan, Y., De-Bashan, L.E., 2010, How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant Growth-a critical assessment, *Advances in Agronomy*, 108, 77-136.
- Beattie, G.A., 2007, Plant-associated bacteria: survey, molecular phylogeny, genomics and recent advances, *Plant-Associated Bacteria*, 1-56.
- Bender, C.L., Rangaswamy, V., Loper, J., 1999, Polyketide production by plant associated pseudomonads, *Annual Review of Phytopathology*, 37, 175-196.
- Beringer, J.E., Hirsch, P.R., 1984, Genetic engineering and nitrogen fixation, *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews.*, 1, 65-88.
- Berg, G., Zachow, C., Lottmann, J., Gotz, M., Costa, R., Smalla, K., 2005, Impact of plant species and site on rhizosphere-associated fungi antagonistic to *Verticillium dahliae* Kleb, *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 4203-4213.
- Berthelot, A., 1888, Laboratoire de chimie organique du Collège de France, *Annales de l'École Pratique des Hautes Études*, 4(1), 31-37.

- Bishop, P.E., Jorerger, R.D., 1990, Genetics and molecular biology of an alternative nitrogen fixation system, *Plant Mol. Biol.*, 41, 109–125.
- Bizzini, A., Greub, G., 2010, Matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry, a revolution in clinical microbial identification, *Clinical Microbiology and Infection*, 16 (11), 1614-1619.
- Blumer, C., Haas, D., 2000, Mechanism, regulation, and ecological role of bacterial cyanide biosynthesis, *Archives of Microbiology*, 173 (3), 170-177.
- Braud, A., Je'ze'quel, K., Bazot, S., Lebeau, T., 2009, Enhanced phytoextraction of an agricultural Cr-Hg and Pb-contaminated soil by bioaugmentation with siderophore producing bacteria, *Chemosphere*, 74, 280–286.
- Burak, Uzun., İdikut, L., 2012, Arpa, Fiğ ve Karışım Ekimine Uygulanan Bakterinin (*Rhizobium leguminosarum L.*) Biyolojik Verim ve Kalite Değerlerine Etkisinin Araştırılması, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (2), 156-160.
- Burd, G.I., Dixon, D.G., Glick, B.R., 2000, Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants, *Canadian Journal of Microbiology*, 46 (3), 237-245.
- Burdman, S., Jurkevitch, E., Okon, Y., 2000, Recent advances the use of plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in agriculture, *In Microbiol Interactions in Agriculture and Forestry*, 10, 29-250.
- Calzada, U.C., Arvizu, H.I., Cruz, M.JA., Ramos, L.M.A., Perez, C.J., Rivera, Z.R.L., Campos, G.J., 2017, Identification by MALDI-TOF mass spectrometry of mercury-resistant bacteria associated with the rhizosphere of an apple orchard. *Geomicrobiology Journal*, 34 (2), 176-182.
- Cattelan, A.J., Hartel, P.G., Fuhrmann, J.J., 1999, Screening for plant growth–promoting rhizobacteria to promote early soybean Growth, *Soil Science Society of America Journal*, 63(6), 1670-1680.
- Cavallaro, V., Pellegrino, A., Muleo, R., Forgione, I., 2022, Light and plant growth regulators on in vitro proliferation, *Plants*, 11, 844.

- 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.
- Chandran, H., Meena, M., Swapnil, P., 2021, Plant growth-promoting rhizobacteria as a green alternative for sustainable agriculture, *Sustainability*, 13 (19), 10986.
- Chari, K.D., Reddy, R.S., Triveni, S., Trimurtulu, N., Rani, C.V.D., Sreedhar, M., 2018, Isolation and characterization of abiotic stress tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp. from different rhizospheric soils of Telangana, *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 15(2), 485-494.
- Chavan, M.A., Riley, M.A., 2007, Molecular evolution of bacteriocins in Gram-negative bacteria, *Plants*, Springer, 2, 19-43.
- Chernin, L.Z., Ismailov, S., Haran, I., 1995, Chitinolytic *Enterobacter agglomerans* Antagonistic to Fungal Plant Pathogens, *Applied and Environmental Microbiology*, 61, 1720-1726.
- 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.
- Chung, H., Park, M., Madhaiyan, M., Seshadri, S., Song, J., Cho, H., Sa, T., 2005, Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea, *Soil Biol. Biochem.*, 37, 1970-1974.
- Cleveland, J., Montville, T.J., Nes, I. F., Chikindas, M.L., 2001, Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation, *International Journal of Food Microbiology*, 71(1), 1-20.
- Cornelis, P., and Matthijs, S., 2007, Pseudomonas Siderophores ve Their Biological Significance, *Soil Biol.*, 12, 193-203.
- Coşkun, A., 2010, *Endüstriyel Enzimler Üreten Yeni Bacillus sp. Suşlarının İzolasyonu ve Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Curtis, P.J., Cross, B.E., 1954, Gibberellic acid-a new metabolite from the culture filtrates of *Gibberella fujikuroi*, *Chemistry and Industry*, (35), 1066-1066.
- Crosa, J.H., Walsh, C.T., 2002, Genetics and assembly line enzymology of siderophore biosynthesis in bacteria, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(2), 223-249.
- Çakmakçı, R., 2005, Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1), 97-107.
- Çelebi, Ö., 2012, *Eurygaster integriceps (Put.) (Hemiptera: Scutelleridae)'in Bakteriyal Florasının ve Mikrobiyal Mücadele Etmenlerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çelikten, M., Bozkurt, İ.A. 2018, Buğday kök bölgesinden izole edilen bakterilerin buğday gelişimine olan etkilerinin belirlenmesi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 33-48.
- Dakora, F.D., Phillips, D.A., 2002, Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments, *Food Security in Nutrient-Stressed Environments: Exploiting Plants Genetic Capabilities*, 201-213.
- Dalal, J., Kulkarni, N., 2015, Effect of endophytic treatments on plant growth performance and disease incidences in soybean (*Glycine max L.*) Cultivar JS-335 against challenge inoculation with *R. solani*, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 10(2), 99.
- Damayanti, T.A., Katerina, T., 2008, Protection of hot pepper against multiple infection of viruses by utilizing root colonizing bacteria, *J. ISSA.A. S.*, 14, 92-100.
- Dary, M., Chamber-Pérez, M. A., Palomares, A. J., Pajuelo, E., 2010, "In situ" phytostabilisation of heavy metal polluted soils using *Lupinus luteus* inoculated with metal resistant plant-growth promoting rhizobacteria, *Journal of Hazardous Materials*, 177(1-3), 323-330.
- Datta, A., Singh, R.K., Tabassum, S., 2015, Isolation, characterization and growth of rhizobium strains under optimum conditions for effective biofertilizer production, *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 32, 199-208.

- 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.
- Dell'Amico, E., Cavalca, L., Andreoni, V., 2008, Improvement of *Brassica napus* growth under cadmium stress by cadmium resistant Rhizobacteria, *Soil Biol. Biochem.*, 40, 74-84.
- De Meyer, G., Audenaert, K., Hofte, M., 1999, *Pseudomonas aeruginosa* 7NSK2-Induced systemic resistance in tobacco depends on in plant salicylic acid but not associated with PR1a Expression, *Eur. J. Plant Pathol.*, 150, 513-517.
- Deshwal, V.K., Kumar, P., 2013, Production of plant growth promoting substance by Pseudomonads, *J. Acad. Ind. Res.*, 2, 221-225.
- Dey, R.K.K.P., Pal, K.K., Bhatt, D.M., Chauhan, S.M., 2004, Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting Rhizobacteria, *Microbiological Research*, 159(4), 371-394.
- Dixon, R. ve Kahn, D. 2004, Genetic regulation of biological nitrogen fixation, *Nature Reviews Microbiology*, 2, 621-631.
- Drider, D., Fimland, G., Hechard, Y., McMullen, L.M., Prevost, H., 2006, The continuing story of class IIa bacteriocins, *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 70, 564-582.
- Duman. F., 2017, *Proteaz Üreticisi Mikroorganizmaların İzolasyonu, Tanımlanması ve Proteaz Enzimlerinin Biyoteknolojik Uygulanabilirliği*, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Duman, K., Soylu, S., 2019, Characterization of plant growth-promoting traits and antagonistic potentials of endophytic bacteria from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, *Plant Protection Bulletin*, 59 (3), 59-69.
- Efe, D., 2020, Potential plant growth-promoting bacteria with heavy metal resistance, *Current Microbiology*, 77(12), 3861-3868.

- Egamberdiyeva, D., 2005, Plant-growth-promoting rhizobacteria isolated from a Calcisol in a semi-arid region of Uzbekistan: biochemical characterization and effectiveness, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(1), 94-99.
- Egamberdiyeva, D., 2013, The role of phytohormone producing bacteria in alleviating salt stress in crop plants, *Biotechnological Techniques of Stress Tolerance in Plants*, Stadium Press, TX, 21-39.
- Egamberdiyeva, D., Wirth, S., Behrendt, U., Abd\_Allah, E. F., Berg, G., 2016, Biochar treatment resulted in a combined effect on soybean growth promotion and a shift in plant growth promoting Rhizobacteria, *Frontiers in Microbiology*, 7, 209.
- Egamberdiyeva, D., Wirth, S., Bellingrath-Kimura, S.D., Mishra, J., Arora, N.K., 2019, Salt-tolerant plant growth promoting rhizobacteria for enhancing crop productivity of saline soils, *Front. Microbiol.*, 10, 2791.
- Eigner, U., Holfelder, M., Oberdorfer, K., Betz-Wild, U., Bertsch, D., Fahr, A.M., 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, *Clinical Laboratory Journal For Clinical Laboratories and Laboratories Related*, 55(7), 289.
- Erdem, B., 2013, Mikrobiyal sideroforlar ve biyoteknolojideki uygulama alanları, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(8), 77-88.
- Fabisiak, J.P., Pearce, L.L., Borisenko, G.G., Tyhurina, Y.Y., Tyurin, V. A., Razzack, J., Lazo, J.S., Pitt, B.R. and Kagan, V.E., 1999, Bifunctional anti/proxidant potential of metallothionein redox signalling of copper binding and release, *Antioxidant Redox Signal*, 1, 349-364.
- Fahsi, N., Mahdi, I., Mesfioui, A., Biskri, L., Allaoui, A., 2021, Plant Growth-Promoting Rhizobacteria isolated from the Jujube (*Ziziphus lotus*) plant enhance wheat growth, Zn uptake, and heavy metal tolerance, *Agriculture*, 11(4), 316.
- Fatnassi, I.C., Chiboub, M., Saadani, O., Jebara, M., Jebara, S.H., 2015, Impact of dual inoculation with Rhizobium and PGPR on growth and antioxidant status of *Vicia faba* L. under copper stress, *Comptes Rendus Biologies*, 338 (4), 241-254.

- Fernando, W.G., Nakkeeran, S., Zhang, Y., 2005, Biosynthesis of antibiotics by PGPR and its relation in biocontrol of plant diseases, *In PGPR: Biocontrol and Biofertilization*, Springer, 67-109.
- Fisher, K., Newton, W.E., 2002, Nitrogen fixation-a general overview, *Nitrogen Fixation At The Millennium*, Elsevier, 5, 1-34.
- Flora, Y., Rabha, P., Shinde, A., Jha, P., Jobby, R., 2021, Non-symbiotic Bacteria for Soil Nitrogen Fortification, *In Sustainable Agriculture Reviews* Springer, 52, 417-435.
- 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.
- Fuller, A.T., Mellows, G., Woolford, M. Banks, G.T., Barrow, K.D., and Chain, E.B., 1971, Pseudomonic acid: an antibiotic produced by *Pseudomonas fluorescens*, *Nature*, 234, 416-417.
- Franco-Correa, M., Quintana, A., Duque, C., Suarez, C., Rodríguez, M.X., Barea, J.M. 2010, Evaluation of actinomycete strains for key traits related with plant growth promotion and mycorrhiza helping activities, *Applied Soil Ecology*, 45(3), 209-217.
- Frankowski, J., Lorito, M., Scala, F., Schmid, R., Berg, G., Bahl, H., 2001, Purification and properties of two chitinolytic enzymes of *Serratia plymuthica*, HRO-C48. *Archives of Microbiology*, 176 (6), 421-426.
- Fravel, D.R., 1988, Role of antibiosis in the biocontrol of plant diseases, *Annu. Rev. Phytopathol*, 26, 75-91.
- Galli, E., Barbieri, P., Bestetti, G., 1992, Potential of pseudomonads in the degradation of methylbenzenes. In: Galli E, Silver S, Withold B (eds) *Pseudomonas: molecular biology and biotechnology*, American Society for Microbiology, 268-276.
- Garg, N., Aggarwal, N., 2011, Effects of interactions between cadmium and lead on growth, nitrogen fixation, Phytochelatin, and Glutathione production in mycorrhizal *Cajanus cajan*, *Journal of Plant Growth Regulators*, 30, 286-300.



- Glick, B.R., 1995, The enhancement of plant growth by freeliving bacteria, *Canadian Journal of Microbiology*, 41, 109-117.
- Glick, B.R., Patten, CL., Holguin, G., and Penrose, DM., 1999, *Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria*, Imperial College Press, London, 187-189.
- Glick, B.R. 2003, Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment, *Biotechnol. Adv.* 21, 383-393.
- Glick, B.R., 2012, Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications, Hindawi Publishing Corporation, *Scientifica*, 20,12
- Ghosh, P.K., Sen, S.K., Maiti, T.K., 2015, Production and metabolism of IAA by *Enterobacter* spp. (Gammaproteobacteria) isolated from root nodules of a legume *Abrus precatorius*, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(3), 296-303.
- Ghosh, P.K., Maiti, T.K., Pramanik, K., Ghosh, S. K., Mitra, S., De, T.K., 2018, The role of arsenic resistant *Bacillus aryabhatai* MCC3374 in promotion of rice seedlings growth and alleviation of arsenic phytotoxicity, *Chemosphere*, 211, 407-419.
- Gomes, R.C., Semedo, L.T.A.S., Soares, R.M.A., Alviano, C. S., L.L., Coelho, R.R.R., 2000, Chitinolytic activity of actinomycetes from a cerrado soil and their potential in biocontrol, *Letters in Applied Microbiology*, 30(2), 146-150.
- Goswami, D., Dhandhukia, P., Patel, P., Thakker, J.N., 2014, Screening of PGPR from saline desert of Kutch: growth promotion in *Arachis hypogea* by *Bacillus licheniformis* A2, *Microbiological Research*, 169 (1), 66-75.
- Goswami, D., Thakker, J. N., Dhandhukia, P.C., 2016, Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a review, *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1127500.
- Govindasamy, V., Senthilkumar, M., Mageshwaran, V., Annapurna, K., 2009, Detection and characterization of ACC deaminase in plant growth promoting Rhizobacteria, *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 18(1), 71-76.

- Gökhan, N., Ahmet, D.H., Kırpık, M.A., Özlem, N., Bağrıaçık, N., Yıldız, Y., 2016, Sürdürülebilir Üretim Yaklaşımı: Ekolojik Tarım, *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 3-8.
- Gray, E.J., Smith, D.L., 2005, Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes, *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 395-412.
- Grobelak, A., Napora, A., Kacprzak, M., 2015, Using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to improve plant growth, *Ecological Engineering*, 84, 22-28.
- Grossman, K., 1996, A role for cyanide, derived from ethylene biosynthesis, in the development of stress symptoms, *Physiol. Plant*, 97, 772-775.
- Guerrieri, M. C., Fanfoni, E., Fiorini, A., Trevisan, M., Puglisi, E., 2020, Isolation and screening of extracellular PGPR from the rhizosphere of tomato plants after long-term reduced tillage and cover crops, *Plants*, 9(5), 668.
- Gutierrez-Manero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J., R.Tadeo, F., Talon, M., 2001, The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins, *Physiologia Plantarum*, 111, 206-211.
- Gyaneshwar, P., Kumar, GN., Parekh, L.J, Poole, PS., 2002, Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants, *Plant Soil*, 245, 83-93.
- Haas, D., Defago, G., 2005, Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads, *Nat. Rev. Microbiol.*, 3, 307-319.
- Hagen, G., 1990, The control of gene expression by auxin. In: Davies PJ (ed)., *Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development*, *Kluwer*, 149-163.
- Haghighi, B.J., Alizadeh, O., Firoozabadi, A.H., 2011, The role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in sustainable agriculture, *Advances in Environmental Biology*, 5 (10), 3079-3083.
- Halder, A.K., Mishra, A.K., Chakrabartty, P.K., 1991, Solubilization of inorganic phosphates by Bradyrhizobium, *Indian Journal of Experimental Biology*, 29(1), 28-31.

- Hameeda, B., Rupela, O.P., Reddy, G., Satyavani, K., 2006, Application of plant growth-promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.), *Biology and Fertility of Soils*, 43(2), 221-227.
- Hamelin, J., Fromin, N., Tarnawski, S., Teyssier-Cuvelle, S., Aragno, M., 2002, nifH gene diversity in the bacterial community associated with the rhizosphere of *Molinia coerulea*, an oligonitrophilic perennial grass, *Environ. Microbiol.*, 4, 477–481.
- Hamidpour, M., Nemati, H., Abbaszadeh Dahaji, P., Roosta, H.R., 2020, Effects of plant growth-promoting bacteria on EDTA-assisted phytostabilization of heavy metals in a contaminated calcareous soil, *Environmental Geochemistry and Health*, 42(8), 2535-2545.
- Harley, J.P., Prescott, L.M., 2002, *Laboratory Exercises in Microbiology*, Fifth Edition New York, The McGraw–Hill Companies, 466.
- Harman, G.E., Obregón, M.A., Samuels, G.J., Lorito, M., 2010, Changing models for commercialization and implementation of biocontrol in the developing and the developed world, *Plant Disease*, 94(8), 928-939.
- Hassen, A., Saidi, N., Cherif, M., Boudabous, A.J.B.T., 1998, Resistance of environmental bacteria to heavy metals, *Bioresource technology*, 64(1), 7-15.
- Hasenekoğlu, İ., 1991. *Soil Microfungi (In Turkish)*, Atatürk University Press Yayınları, 689(11), 1-7.
- Hattori, T., 1988, Soil aggregates as microhabitats of Microorganisms, *Rep. Inst. Agric. Res Tohoku Univ.*, 37, 23-36.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., 2010, Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review, *Ann. Microbiol.*, 60, 579-598.
- He, A., Niu, S., Yang, D., Ren, W., Zhao, L., Sun, Y., Zhang, J., 2021, Two PGPR strains from the rhizosphere of *Haloxylon ammodendron* promoted growth and enhanced drought tolerance of ryegrass, *Plant Physiology and Biochemistry*, 161, 74-85.
- Hedden, P., Phillips, A.L., 2000, Gibberellin metabolism: New insights revealed by the genes, *Trends in Plant Science*, 5, 523-530.

- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I., Monte, E., 2012, Plant-beneficial effects of Trichoderma and of its genes, *Microbiology*, 158, 17-25.
- Hermosa, R., Rubio, M.B., Cardoza, R.E., Nicolás, C., Monte, E., Gutiérrez, S., 2013, The contribution of Trichoderma to balancing the costs of plant growth and defense, *Int. Microbiol.*, 16 (2), 69-80.
- Hillel, D., 2008, Soil in the Environment, Elsevier/Academic, New York. ISBN: 9780080554969.
- Hingole, S.S., Pathak, A.P., 2016, Saline soil microbiome: A rich source of halotolerant PGPR, *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 19(3), 231-239.
- Hingole, S.S., Pathak, A.P., 2016, Isolation of halotolerant Plant growth promoting *Klebsiella pneumoniae* from Tuppa, Nanded, Maharashtra, *Int. J. Innov. Biol. Res.*, 5(6).
- Horn, S.J., Sorbotten, A., Synstad, B., Sikorski, P., Sorlie, M., Varum, K.M., Eijsink, V.G., 2006, Endo/exo mechanism and processivity of family 18 chitinases produced by *Serratia marcescens*, *Febs. Journal.*, 273, 491-503.
- Howell, C.R., Stipanovic, R.D., 1980, Suppression of *Pythium ultimum*-induced damping-off of cotton seedlings by *Pseudomonas fluorescens* and its antibiotic, pyoluteorin, *Phytopathology*, 70, 712-715.
- Husen, E., 2003, Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities in vitro, *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 4(1), 27-31.
- Hynes, R.K., Leung, G.C., Hirkala, D.L., Nelson, L.M., 2008, Isolation, selection, and characterization of beneficial rhizobacteria from pea, lentil, and chickpea grown in western Canada, *Canadian Journal of Microbiology*, 54(4), 248-258.
- Ilyas, N., Mazhar, R., Yasmin, H., Khan, W., Iqbal, S., Enshasy, H.E., Dailin, D.J., 2020, Rhizobacteria isolated from saline soil induce systemic tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) against salinity stress, *Agronomy*, 10(7), 989.
- Islam, S., Akanda, A.M., Prova, A., Islam, M.T., Hossain, M.M., 2016, Isolation and identification of plant growth promoting rhizobacteria from cucumber rhizosphere

- and their effect on plant growth promotion and disease suppression, *Frontiers in Microbiology*, 6, 1360.
- Jadhav, H.P., Shaikh, S.S., Sayyed, R.Z., 2017, Role of hydrolytic enzymes of rhizoflora in biocontrol of fungal phytopathogens: an overview. *Rhizotrophs: Plant Growth Promotion to Bioremediation*, 183-203.
- James, E.K., Olivares, F.L., de Oliveira, ALM., dos Reis, FB., da Silva LG., Reis VM., 2001, Further observations on the interaction between sugar cane and *Gluconacetobacter diazotrophicus* under laboratory and greenhouse conditions, *J. Exp. Bot.*, 52, 747-760.
- Jha, C.K., Saraf, M., 2015, Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review, E3 *Journal of Agricultural Research and Development*, 5, 108-119.
- Ji, S.H., Gururani, M.A., Chun, S.C., 2014, Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic diazotrophic bacteria from Korean rice cultivars, *Microbiological Research*, 169(1), 83-98.
- John, R., Ahmad, P., Gadgil, K., Sharma, S., 2009, Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L., *International Journal of Plant Production*, (3), 1735-8043.
- Jung, H.K., Hong, J.H., Park, S.C., Park, B.K., Nam, D.H., Kim, S.D., 2007, Production and physicochemical characterization of b-glucan produced by *Paenibacillus polymyxa* JB115, *Biotechnol Bioprocess Eng.*, 12, 713-719.
- Kang, B.G., Kim, W.T., Yun, H.S., Chang, S.C., 2010, Use of plant growth promoting rhizobacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Int. J. Plant Prod.*, 2, 141-152.
- Kang, S.M., Waqas, M., Khan, A.L., Lee, I.J., 2014, Plant-growth-promoting rhizobacteria: potential candidates for gibberellins production and crop growth promotion, *In Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*, Springer, (1), 1-19.

- Kapulnik, Y., Okon, Y., Kigel, J., Nur, I., Henis, Y., 1981, Effects of temperature, nitrogen fertilization, and plant age on nitrogen fixation by *Setaria italica* inoculated with *Azospirillum brasilense* (strain cd), *Plant Physiol.*, 68 (2), 340- 343.
- Kardaş, Ş., Ökmen, G., 2014, ACC deaminaz ve mikroorganizmalar, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 69-78.
- Karthik, C., Sharma, R., Barathi, S., Sathya, K., Govindharaju, S., Arulselvi, P., 2016, Screening of plant growth promoting traits in Cr (VI) reducing Rhizobium strains isolated from root nodules of *Phaseolus vulgaris*, *International Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 7(1), 18-25.
- Kaynak, L., Memiş, M., 1997, Bitki büyüme engelleyici ve geciktiricilerinin etki mekanizmaları, *Akd. Üniv. Zir. Fak. Dergisi*, 10, 237-248.
- Keel, C., Voisard, C., Berling, CH., Kahr, G., Défago, G., 1989, Iron sufficiency, a prerequisite for suppression of tobacco black root rot by *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO under gnotobiotic conditions, *Phytopathology*, 79, 584-589.
- Kehr, J., Picchi, D.G., Dittmann, E., 2011, Natural product biosyntheses in cyanobacteria: a treasure trove of unique enzymes, *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 7, 1622-1635.
- Kejela, T., Thakkar, V.R., Thakor, P., 2016, Bacillus species (BT42) isolated from *Coffea arabica* L. rhizosphere antagonizes *Colletotrichum gloeosporioides* and *Fusarium oxysporum* and also exhibits multiple plant growth promoting activity, *BMC Microbiology*, 16, 1-13.
- Kesaulya, H., Zakaria, B., Syaiful, S.A., 2015, Isolation and physiological characterization of PGPR from potato plant rhizosphere in medium land of Buru Island, *Procedia Food Science*, 3, 190-199.
- Khan, B.S., Yeo, TC., Martin, W.L., Duron, M.R., Rogers, R.D., Goldstein, A.H., 1995, Cloning of a mineral phosphate-solubilizing gene from *Pseudomonas cepacia*, *Appl Environ. Microbiol.*, 61, 972-978.

- Khan, A.A., Jilani, G., Akhtar, M.S., Naqvi, S.M.S., Rasheed, M., 2009, Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J. Agric. Biol. Sci.*, 1(1), 48-58.
- Khan, N., Bano, A., Rahman, M.A., Guo, J., Kang, Z., Babar, M., 2019, Comparative physiological and metabolic analysis reveals a complex mechanism involved in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) induced by PGPR and PGRs, *Scientific Reports*, 9(1), 1-19.
- Khan, N., Ali, S., Tariq, H., Latif, S., Yasmin, H., Mehmood, A., Shahid, M.A., 2020, Water conservation and plant survival strategies of rhizobacteria under drought stress, *Agronomy*, 10(11), 1683.
- Kim, J., Rees, D.C., 1994, Nitrogenase and biological nitrogen fixation, *Biochemistry*, 33, 389-397.
- Kim, J.Y., Myung, J.H., Ahn, J.S., 1998, Heavy metal speciation in dusts and stream sediments in the Taejon area, Korea, *J. Geochem. Explor.*, 64, 409-419.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., 1978, Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Radishes, *In Proceedings of the Fourth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria*, France, 2, 879-882.
- Kloepper, J.M., Schroth, M.N., 1981, Development of a powder formulation of rhizobacteria for inoculation of potato seed pieces, *Phytopathology*, 590-592.
- Kloepper, J.W., Leong, J., Teintze, M., Schroth, M.N., 1980, Enhanced plant growth promoting Rhizobacteria, *Nature*, 286 (5776), 883-885.
- Kloepper, J.W., Tuzun, S., Kuc, J., 1992, Proposed definitions related to induced disease resistance, *Biocontrol Sci. Technol.*, 2, 349-351.
- Kloepper, J.W., 1994, Plant growth-promoting rhizobacteria (Other Systems). In Okon Y., (Ed.), *Azospirillum/Plant Associations*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 111-118.
- Koch, K.E., Nolte, K.D., Duke, E.R., McCarty, D.R., Avigne, W.T., 1992, Sugar levels modulate differential expression of maize sucrose synthase genes, *Plant Cell*, 4, 59-69.

- Kohli, U., Dogra, R.C., Kapoor, K.K., Sharma, P.K., 2006, Chitinolytic *Pseudomonas maltophilia* antagonistic to root rot pathogens of sunflower (*Helianthus annuus*), *Indian Journal of Microbiology*, 46, 45-49.
- Kotan, R., Dikba, N., Bostan, H., 2009, Biological control of post harvest disease caused by *Aspergillus flavus* on stored lemon fruits, *African Journal of Biotechnology*, 8 (2), 209-214.
- Krewulak, K.D., Vogel, H.J., 2008, Structural biology of bacterial iron uptake, *Biochim. Biophys. Acta*, 1778, 1781-1804.
- Kumar, A., Sopory, S.K., 2008, Recent advances in plant biotechnology and its applications, *Phytomorphology*, 83.
- Kumari, P., Meena, M., Upadhyay, R.S., 2018, Characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) isolated from the rhizosphere of *Vigna radiata* (mung bean), *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 16, 155-162.
- Kumar, P., Dubey, R.C., Maheshwari, D.K., 2012, Bacillus strains isolated from rhizosphere showed plant growth promoting and antagonistic activity against phytopathogens, *Microbiological Research*, 167(8), 493-499.
- Kumar, A., Maurya, B.R., 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.
- Kumar, V., Singh, S., Singh, J., Upadhyay, N., 2015, Potential of plant growth promoting traits by bacteria isolated from heavy metal contaminated soils, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94(6), 807-814.
- Kumar, A., Singh, A.K., and Kishore, A.S., 2018, PGPR amelioration in sustainable agriculture. *Book Proposal PGPR amelioration in Sustainable Agriculture: Food security and Environmental management*" to be published under the Woodhead imprint of Elsevier, Woodhead Publishing, ISBN: 9780128158791.
- Kumar, G., Teli, B., Mukherjee, A., Bajpai, R., Sarma, B.K., 2019, Secondary metabolites from cyanobacteria: a potential source for plant growth promotion and disease



management, *Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms*, 239-252.

Kundan, R., Raghuvanshi, S., Bhatt, A., Bhatt, M., Agrawal, P.K., 2017, Toluene degrading bacteria from the rhizosphere of *Solanum melongena* contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbon, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(4), 2060-79.

Kushwaha, A., Baily, S.B., Maxton, A., Ram, G.D., 2013, Isolation and characterization of PGPR associated with cauliflower roots and its effect on plant growth, *The Bioscan*, 8(1), 95-99.

Lambers, H., 1980, The physiological significance of cyanide- resistant respiration in higher plants, *P.L.keel Cell Environ.*, 3, 293-302.

Lanteigne, C., Gadkar, V.J., Wallon, T., Novinscak, A., Filion, M., 2012, Production of DAPG and HCN by *Pseudomonas* spp. LBUM300 contributes to the biological control of bacterial canker of tomato, *Phytopathology*, 102(10), 967-973.

Lee, S.M., Koo, Y.M., 2001, Pilot-scale production of cellulase using *T. reesei* rut C-30 in fed-batch mode, *Microb. Biotechnol.*, 11, 229-233.

Leigh, J., Hodge, A., Fitter, A.H., 2009, Arbuscular mycorrhizal fungi can transfer substantial amounts of nitrogen to their host plant from organic material, *New Phytol.*, 181, 199-207.

Letham, D.S., 1963, Zeatin, a factor inducing cell division from *Zea mays*, *Life Sci.*, 8, 569-573.

Li, Y., Liu, X., Hao, T., Chen, S., 2017, Colonization and maize growth promotion induced by phosphate solubilizing bacterial isolates, *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1253.

Lifshitz, R., Kloepper, J.W., Kozlowski, M., Simonson, C., Carlson, J., Tipping, E.M., Zaleska, I., 1987, Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions, *Canadian Journal of Microbiology*, 33(5), 390-395.

- Liu, Z.L., Sinclair, J.B., 1992, Population dynamics of *Bacillus megaterium* strain B153-2-2 in the rhizosphere of soybean, *Phytopathology*, 4, 20-45.
- Liu, L., Kloepper, J.W., Tuzun, S., 1995, Induction of systemic resistance in cucumber against bacterial angular leaf spot by plant growth-promoting rhizobacteria, *Phytopathology*, 85(8), 843-847.
- Lo, C.C., 2010, Effect of pesticides on soil microbial community, *Journal of Environmental Science and Health Part B*, 45(5), 348-359.
- Long, S.R., 1996, Rhizobium symbiosis: nod factors in perspective, *The Plant Cell*, 8(10), 1885.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R., 2004, Application of free living plant growth-promoting Rhizobacteria, *Antonie Van Leeuwenhoek Plant*, 86, 1–25.
- Lugtenberg, B.J.J., Dekkers, L.C., 1999, What makes Pseudomonas bacteria rhizosphere competent, *Environ. Microbiol.*, 1, 9-13.
- Lugtenberg, B.J., Dekkers, L., Bloemberg, G.V., 2001, Molecular determinants of rhizosphere colonization by Pseudomonas, *Annu. Rev. Phytopathol.*, 39, 461-490.
- Ma, Y., Rajkumar, M., Luo, Y., 2011, Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plant growth and Ni uptake, *J. Hazard. Mater.*, 195, 230-237.
- Ma, Y., Rajkumar, M., Zhang, C., Freitas, H., 2016, Inoculation of *Brassica oxyrrhina* with plant growth promoting bacteria for the improvement of heavy metal phytoremediation under drought conditions, *Journal of Hazardous Materials*, 320, 36-44.
- Ma, M., Jiang, X., Wang, Q., Guan, D., Li, L., Ongena, M., Li, J., 2018, Isolation and identification of PGPR strain and its effect on soybean growth and soil bacterial community composition, *International Journal of Agriculture and Biology*, 20.
- MacMillan, J., Suter, P.J., 1958, The occurrence of gibberellin A1 in higher plants: isolation from the seed of runner bean (*Phaseolus multiflorus*), *Naturwissenschaften*, 45(2), 46.

- MacMillan, J., 2002, Occurrence of gibberellins in vascular plants, fungi, and bacteria, *Journal of Plant Growth Regulation*, 20, 387-442.
- Mahdi, I., Fahsi, N., Hafidi, M., Benjelloun, S., Allaoui, A., Biskri, L., 2021, Rhizospheric phosphate solubilizing *Bacillus atrophaeus* GQJK17 S8 increases quinoa seedling, withstands heavy metals, and mitigates salt stress, *Sustainability*, 13(6), 3307.
- Maheshwari, D.K., Dheeman, S., Agarwal, M., 2015, Phytohormone-producing PGPR for sustainable agriculture. In D. K. Maheshwari (Ed.), *Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem*, Springer International, 159-182.
- Mahmood, S., Daur, I., Al-Solaimani, S. G., Ahmad, S., Madkour, M. H., Yasir, M., Ali, Z., 2016, Plant growth promoting rhizobacteria and silicon synergistically enhance salinity tolerance of mung bean, *Frontiers in Plant Science*, 7, 876.
- Majeed, A., Abbasi, M.K., Hameed, S., Imran, A., Rahim, N., 2015, Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria from wheat rhizosphere and their effect on plant growth promotion, *Frontiers in Microbiology*, 6, 198.
- Maksimov, I.V., Abizgil, R.R., Pusenkova L.I., 2011, Plant Growth Promoting Rhizobacteria as Alternative to Chemical Crop Protectors from Pathogens (Review), *Applied Biochemistry and Microbiology*, 47(4), 373–385.
- Malusa, E., Vassilev, N., 2014, A contribution to set a legal framework for biofertilisers, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(15), 6599-6607.
- Malleswari, D., Bagyanarayana, G., 2013, Plant growth-promoting activities and molecular characterization of rhizobacterial strains isolated from medicinal and aromatic plants, *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 6, 30-37.
- Manjunath, M., Prasanna, R., Nain, L., Dureja, P., Singh, R., Kumar, A., Kaushik, B.D. 2010, Biocontrol potential of cyanobacterial metabolites against damping off disease caused by *Pythium aphanidermatum* in solanaceous vegetables, *Archieve Phytopathology and Plant Protection*, 43, 666-677.
- Mari, M., Guizzardi, M., Pratella, G.C., 1996, Biological control of gray mold in pears by antagonistic bacteria, *Biological Control*, 7(1), 30-37.

- Markovich, N.A., Kononova, G.L., 2003, Lytic enzymes of *Trichoderma* and their role in plant defense from fungal diseases: a review, *Applied Biochemistry and Microbiology*, 39(4), 341-351.
- Martínez-Viveros, O., Jorquera, M.A., Crowley, D.E., Gajardo, G., Mora, M.L. 2010, Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(3), 293-319.
- Mazumdar, D., Saha, S.P., Ghosh, S., 2020, Isolation, screening and application of a potent PGPR for enhancing growth of Chick pea as affected by nitrogen level, *International Journal of Vegetable Science*, 26(4), 333-350.
- Meena, M., Dubey, M.K., Swapnil, P., Zehra, A., Singh, S., Kumari, P., Upadhyay, R.S. 2017, The rhizosphere microbial community and methods of its analysis, *Advances in PGPR Research*, 275.
- Mehnaz, S., Lazarovits, G., 2006, Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions, *Microb. Ecol.*, 51, 326-335.
- Mehta, S., Nautiyal, C.S., 2001, An efficient method for qualitative screening of phosphate-solubilizing bacteria, *Current Microbiology*, 43(1), 51-56.
- Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijn, I., Dekkers, E., Van der Voort, M., 2011, Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria, *Science*, 332, 1097-1100.
- McCully, ME., 2001, Niches for bacterial endophytes in crop plants: a plant biologist's view, *Aust. J. Plant Physiol.*, 28, 983-990.
- Misra, S., Kaushik, B.D., 1989, Growth promoting substances of Cyanobacteria. II. Detection of amino acids, sugars and auxins, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 55, 499-504.
- Montesinos, E., Bonaterra, A., Badosa, E, Francãç, J., Alemany, J., Llorente, I., Moragrega, C., 2002, Plantmicrobe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control, *Int. Microbiol.*, 5, 169-175.

- Modi, P., Kaur, A., Kaur, M., V.K, Kapoor., 2012, Siderophores: A Novel Approach for Iron Removal, *Int. J. Uni. Pharm. Life Sci.*, 2, 628-636.
- Modi, K., Patel, P., Parmar, K., 2017, Isolation, screening and characterization of PGPR from rhizosphere of rice, *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(3), 264-270.
- Montesinos, E., Bonaterra, A., Badosa, E, Franc  , J., Alemany, J., Llorente, I., Moragrega, C., 2002, Plant microbe interactions and the new biotechnological methods of plant disease control, *Int. Microbiol.*, 5, 169-175.
- Montesinos, E., 2003, Plant-associated microorganisms: a view from the scope of microbiology, *Int. Microbiol.*, 6, 221-223.
- Mouazen, A.M., Kuang, B., 2016, On-line visible and near infrared spectroscopy for in-field phosphorous management, *Soil and Tillage Research*, 155, 471-477.
- Moyne, A.L., Shelby, R., Cleveland, T.E., Tuzun, S., 2001, Bacillomycin D: an iturin with antifungal activity against *Aspergillus flavus*, *J. Appl. Microbiol.*, 90, 622-629.
- Mukhtar, S., Shahid, I., Mehnaz, S., Malik, K.A., 2017, Assessment of two carrier materials for phosphate solubilizing biofertilizers and their effect on growth of wheat (*Triticum aestivum L.*), *Microbiological Research*, 205, 107-117.
- Murali, M., Gowtham, H.G., Singh, S.B., Shilpa, N., Aiyaz, M., Niranjana, S.R., Amruthesh, K.N., 2021, Bio-prospecting of ACC deaminase producing Rhizobacteria towards sustainable agriculture: A special emphasis on abiotic stress in plants, *Applied Soil Ecology*, 168, 104-142.
- Murphy, J.F., Zehnder, G.W., Schuster, D.J., Sikora, E.J., Polston, J.E, Kloepper, J.W., 2000, Plant growth promoting rhizobacterial mediated protection in tomato against tomato mottle virus, *Plant Dis.*, 84, 779-784.
- Nagarajan, M., Maruthanayagam, V., Sundararaman, M., 2011, A review of pharmacological and toxicological potentials of marine cyanobacterial metabolites, *Journal of Applied Toxicology*, 32, 153-185.
- Naseem, H. and Bano, A., 2014, Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize, *J. Plant Interact.* 9, 689-701.

- Naureen, Z., Price, A.H., Hafeez, F.Y, Michael, R., 2009, Identification of rice blast disease suppressing bacterial strains from the rhizosphere of rice grown in Pakistan, *Crop Protection*, 28,1052-1060.
- Neeraja, C., Anil, K., Purushotham, P., Suma, K., Sarma, P., 2010, Biotechnological approaches to develop bacterial chitinases as a bioshield against fungal diseases, *Crit. Rev. Biotechnol.*, 30, 231-241.
- Negi, Y.K., Prabha, D., Garg, S.K., Kumar, J., 2011, Genetic diversity among cold-tolerant fluorescent *Pseudomonas* isolates from Indian Himalayas and their characterization for biocontrol and plant growth-promoting activities, *Journal of Plant Growth Regulation*, 30(2), 128-143.
- Nes, I.F., Brede, D.A., Holo, H., 2006, The nonlantibiotic heat-stable bacteriocins in Gram-positive bacteria, *In Handbook of Biologically Active Peptides*, Academic Press, 107-114.
- Ngoma, L., Esau, B., Babalola, O.O., 2013, Isolation and characterization of beneficial indigenous endophytic bacteria for plant growth promoting activity in Molelwane Farm, Mafikeng, South Africa, *African Journal of Biotechnology*, 12-26.
- Nithya, C., Gnanalakshmi, B., Pandian, S.K., 2011, *Assessment and characterization of heavy metal resistance in Palk Bay sediment bacteria*, *Marine Environmental Research*, 71, 283-294.
- Noronha, E.F., Ulhoa, C.J., 1996, Purification and characterization of an endo- $\beta$ -1,3-glucanase from *Trichoderma harzianum*, *Can. J. Microbiol.*, 42, 1039-1044.
- Okon, Y., Labandera-Gonzalez, C.A., 1994, Agronomic applications of Azospirillum an evaluation of 20 years worldwide field inoculation, *Soil Biol. Biochem.*, 26, 1591-1601.
- Orhan, F., 2016, Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*), *Brazilian Journal of Microbiology*, 47, 621-627.

- Ortíz-Castro, R., Valencia-Cantero, E., López-Bucio, J., 2008, Plant growth promotion by *Bacillus megaterium* involves cytokinin signaling, *Plant Signaling and Behavior*, 3, 263-265.
- Oulebsir-Mohandkaci, H., Benzina-Tihar, F., Hadjouti, R., 2021, Exploring biofertilizer potential of plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus clausii* strain B8 (MT305787) on *Brassica napus* and *Medicago sativa*, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(4).
- Oves, M., Khan, M.S., Zaidi, A., 2013, Biosorption of heavy metals by *Bacillus thuringiensis* strain OSM29 originating from industrial effluent contaminated north Indian soil, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(2), 121-129.
- 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.
- Öğütçü, H., 2000, *Yabani baklagil bitkilerinden izole edilen rhizobium türlerinin kültür bitkilerinde nodül oluşturma ve azot bağlama potansiyellerinin araştırılması*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-111.
- Öğütçü, H., Avsar, H., 2020, Characterization and siderophores production of *Rhizobium* spp. Isolated from wild legumes, *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESEN)*, 6-3, 176-179.
- Palit, S., Sharma, A., Talukder, G., 1994, Effects of cobalt on plants, *The Botanical Review*, 60(2), 149-181.
- Panchami, P.S., Geetha, K., Karthikeyan, S., 2020, Isolation and characterization of indigenous plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) from cardamom rhizosphere, *Current Microbiology*, 77(10), 2963-2981.
- Pashapour, S., Besharati, H., Rezazade, M., Alimadadi, A., Ebrahimi, N., 2016, Activity screening of plant growth promoting rhizobacteria isolated from alfalfa rhizosphere, *Biological Journal of Microorganism*, 4, 65-76.
- Patel, H.A., Patel, R.K., Khristi, S.M., Parikh, K., Rajendran, G., 2012, Isolation and characterization of bacterial endophytes from *Lycopersicon esculentum* plant and

- their plant growth promoting characteristics, *Nepal Journal of Biotechnology*, 2(1), 37-52.
- Patel, P.R., Shaikh, S.S., Sayyed, R.Z., 2016, Dynamism of PGPR in bioremediation and plant growth promotion in heavy metal contaminated soil, *Journal of Experimental Biology*, 54, 286-290.
- Patel, A.K., Banjare, U., Kumari, A., Gupta, S.K., Verma, K., Upadhyay, A.K., Pandey, K. D., 2017, Presumptive characterization of selected bacterial isolates and evaluation of their hydrolytic enzyme activity, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1887-1894.
- Pathma, J., Kennedy, R., Sakthivel, N., 2011, Mechanisms of fluorescent pseudomonads that mediate biological control of phytopathogens and plant growth promotion of crop plants, *In Bacteria in Agrobiolgy: plant growth responses*, Springer, 77-105.
- Patten, C.L., Glick, B.R., 1996, Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid, *Canadian Journal of Microbiology*, 42(3), 207-220.
- Patten, CL., Glick, B.R., 2002, Role of *Pseudomonas putida* indole-acetic acid in development of host plant root system, *Appl. Environ. Microbiol.*, 68, 3795-3801.
- Pieterse, C.M.J., Van Wees, SCM., Hoffland, E., Van Pelt, JA., Van Loon, L.C., 1996, Systemic resistance in Arabidopsis induced by biocontrol bacteria is independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis-related gene expression, *Plant Cell*, 8, 1225-1237.
- Polat, B., Özüiçli, M., Çetin, H., Aydın, L., 2020, Pestisit kullanımının bal arısı sağlığına ve ürünlerine etkisi, *Journal of Research in Veterinary Medicine*, 39(2), 128-134.
- 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.
- Prasanna, R., Jaiswal, P., Nayak, S., Sood, A., Kaushik, B.D., 2009, Cyanobacterial diversity in the rhizosphere of rice and its ecological significance, *Indian Journal of Microbiology*, 49, 89-97.



- Premachandra, D., Hudek, L., Brau, L., 2016, Bacterial modes of action for enhancing of plant growth, *Journal of Biotechnology and Biomaterials Biotechnol. Biomater.*, 6, 3.
- Probanza, A., Garcia, J.L., Palomino, M.R., Ramos, B., Mañero, F.G., 2002, *Pinus pinea* L. seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR *Bacillus* (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105), *Applied Soil Ecology*, 20(2), 75-84.
- Provorov, N.A., Saimnazarov, U.B., Tanriverdiev, T. A., Simarov, B.V., 1994, The contributions of plant and bacteria genotypes in the growth and nitrogen accumulation of inoculated alfalfa, *Plant and Soil*, 164 (2), 213-219.
- Ramos, S.B., Barriuso, Maicas, J., Gutiérrez Mañero, F.J., 2008, Physiological and molecular mechanisms of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), *Plant-Bacteria Interactions*, 41-54.
- Rani, M.U., Arundhathi, A., Reddy, G., 2012, Screening of rhizobacteria containing plant growth promoting (PGPR) traits in rhizosphere soils and their role in enhancing growth of pigeon pea, *African Journal of Biotechnology*, 11(32), 8085-8091.
- Rajendran, S.K., Sundaram, L., 2020, Degradation of heavy metal contaminated soil using plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Assess their remediation potential and growth influence of *Vigna radiata* L., *International Journal of Agricultural Technology*, 16(2), 365-376.
- 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.
- Rathaur, P., Ramteke, P.W., Waseem, R., 2012, Isolation and characterization of nickel and cadmium tolerant plant growth promoting rhizobacteria from rhizosphere of *Withania somnifera*, *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 6(18).
- Raupach, G.S., Liu, L., Murphy, J.F., Tuzun, S., Kloepper, J.W., 1996, Induced resistance in cucumber and tomato against cucumber mosaic virus using plant growth promoting rhizobacteria, *Plant Dis.*, 80, 891-894.

- Rea, P., 1999, MRP subfamily ABC transporters from plants and yeasts, *Journal of Experimental Botany*, 50, 895-913.
- Reddy, N.S., Nimmagadda, A., Rao, K.S., 2003, An overview of the microbial  $\alpha$ -amylase family, *African Journal of Biotechnology*, 2(12), 645-648.
- Reddy, P.P., 2014, Potential role of PGPR in agriculture, *In Plant Growth Promoting Rhizobacteria For Horticultural Crop Protection*, Springer, 17-34.
- Richardson, A.E., Barea, J.M., McNeill, A.M., Prigent, C., 2009, Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms, *Plant Soil*. 3, 321-305.
- Richardson, A.E., Simpson, R.J., 2011, Soil microorganisms mediating phosphorus availability, *Plant Physiol.*, 156, 989-996.
- Riley, M.A., Wertz, J.E., 2002, Bacteriocins: evolution, ecology, and application, *Annual Reviews in Microbiology*, 56(1), 117-137.
- Rizvi, A., Ahmed, B., Zaidi, A., Khan, M.S., 2019, Heavy metal mediated phytotoxic impact on winter wheat: oxidative stress and microbial management of toxicity by *Bacillus subtilis* BM2, *RSC Advances*, 9(11), 6125-6142.
- Rizvi, A., Zaidi, A., Ameen, F., Ahmed, B., AlKahtani, M.D., Khan, M.S., 2020, Heavy metal induced stress on wheat: phytotoxicity and microbiological management, *RSC Advances*, 10(63), 38379-38403.
- Rogel, M.A., Hernández-Lucas, I., Kuykendall, L.D., Balkwill, D.L., Martínez-Romero, E., 2001, Nitrogen-fixing nodules with *Ensifer adhaerens* harboring *Rhizobium tropici* symbiotic plasmids, *Applied and Environmental Microbiology*, 67(7), 3264-3268.
- Rojas-Tapias, D., Moreno-Galván, A., Pardo-Díaz, S., Obando, M., Rivera, D., Bonilla, R., 2012, Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*), *Appl. Soil Ecol.*, 61, 264-272.
- Sabaté, D.C., Brandan, C.P., Petroselli, G., Erra-Balsells, R., Audisio, M.C., 2017, Decrease in the incidence of charcoal root rot in common bean (*Phaseolus vulgaris*)

- by *Bacillus amyloliquefaciens* B14, a strain with PGPR properties, *Biological Control*, 113, 1-8.
- 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 growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil, *Biology and Fertility of Soils*, 42(3), 267-272.
- Saha, R., Saha, N., Donofrio, R.S., Bestervelt, L.L., 2013, Microbial siderophores: a mini review, *Journal of Basic Microbiology*, 53(4), 303-317.
- Saharan, B.S., Verma, S., 2014, Potential plant growth promoting activity of *Bacillus licheniformis* UHI (II) 7, *Int. J. Microbial Res. Technol*, 2, 22-27.
- Saini, S., Faridi, Z.A., Verma, A., Das, A.T., Manna, R., Verma, A., Dangi, C.B.S., 2019, Evaluation of Bacteria Isolated from Wheat Rhizosphere for Plant Growth Promoting Attributes and Antagonistic Activity, *Journal Hom.*, 8, 4-9.
- Samolski, I., Rincón, AM., Pinzón, LM., Viterbo, A., Monte, E., 2012, The quid 74 gene from *Trichoderma harzianum* has a role in root architecture and plant biofertilization, *Microbiology*, 158, 129-138.
- Saraf, M., Jha, C.K., Patel, D., 2010, The role of ACC deaminase producing PGPR in sustainable agriculture, *In Plant Growth and Health Promoting Bacteria*, Springer, 365-385.
- Sarıoğlu, G., Özçelik, S., Kaymaz, S., 1993, Elazığ ve yöresinde üretilen mercimek bitkilerinden etkili nodozite bakterilerinin (*Rhizobium leguminosarum* biovar. viceae) seçimi, *J. of Agriculture and Forestry*, 17, 569-573.
- Sarkar, A., Pramanik, K., Mitra, S., Soren, T., Maiti, T.K., 2018, Enhancement of growth and salt tolerance of rice seedlings by ACC deaminase-producing *Burkholderia* sp. MTCC 12259, *Journal of Plant Physiology*, 231, 434-442.
- Sarwar, M., Kremer, R.J., 1995, Determination of bacterially derived auxins using a microplate method, *Letters in Applied Microbiology*, 20(5), 282-285.

- Savithiry, S., Gnanamanickam, S.S., 1987, Bacterization of peanut with *Pseudomonas fluorescens* for biological control of *Rhizoctonia solani* and for enhanced yield, *Plant and Soil*, 102(1), 11-15.
- Sayyed, R.Z., Ilyas, N., Tabassum, B., Hashem, A., Abd\_Allah, E.F., Adhav, H.P., 2019, Plausible role of plant growth-promoting rhizobacteria in future climatic scenario, *Environmental Biotechnology: for Sustainable Future*, 175-197.
- Sayyed, R.Z., Shaikh, S.S., Patel, P.R., Sonawane, M.S., Reddy, M.S., 2016, Heavy metal resistant pgpr as a green solution to pesticide and heavy metal pollution, *Recent Trends in PGPR Research for Sustainable Crop Productivity*, 1, 1-8.
- Schippers, B., Bakker, A.W., Bakker, P., Van Peer, R., 1990, Beneficial and deleterious effects of HCN-producing pseudomonads on rhizosphere interactions, *Plant and Soil*, 129(1), 75-83.
- Schippers, B., Scheffer, R.J., Lugtenberg, J.J., Weisbek, P.J., 1995, Biocoating of seed with plant growth promoting rhizobacteria to improve plant establishment, *Outlook Agric*, 24, 179-185.
- Schoenborn, L., Yates, P.S., Grinton, B.E., Hugenholtz, P., Janssen, P.H., 2004, Liquid serial dilution is inferior to solid media for isolation of cultures representative of the phylum-level diversity of soil bacteria, *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 7, 4363-4366.
- Schwyn, B., Neilands, J.B., 1987, Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores, *Analytical Biochemistry*, 160(1), 47-56.
- Seçer, M., 1989, Doğal büyüme düzenleyicilerin (bitkisel hormonların) bitkilerdeki fizyolojik etkileri ve bu alanda yapılan araştırmalar, *Derim*, 6, (3), 109-124.
- Selvakumar, G., Joshi, P., Nazim, S., Mishra, P.K., Bisht, J.K., Gupta, H.S., 2009, Phosphate solubilization and growth promotion by *Pseudomonas fragi* CS11RH1 (MTCC 8984), a psychrotolerant bacterium isolated from a high altitude Himalayan rhizosphere, *Biologia*, 64(2), 239-245.
- Sezen, S., 2015, *Afşin-Elbistan linyit madeninden linyit iyileştirme teknolojisinde kullanılma potansiyeline sahip mikroorganizmaların izolasyonu ve moleküler*

*Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Sezen, A., 2016, *Bitki Büyümesine Teşvik Edici Halofilik Bakterilerin İzolasyonu, Karakterizasyonu ve Buğday Tarımında Kullanılma Potansiyellerinin Belirlenmesi*, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Shahid, M., Mahmood, F., Hussain, S., Shahzad, T., Haider, M.Z., Noman, M., Mustafa, G., 2018, Enzymatic detoxification of azo dyes by a multifarious *Bacillus* sp. strain MR-1/2-bearing plant growth-promoting characteristics, *Biotech.*, 8(10), 1-12.

Shaikh, S.S., Sayyed, R.Z., 2015, Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their formulation in biocontrol of plant diseases, *In Plant Microbes Symbiosis: Applied facets*, Springer, 337-351.

Shanlin, W., Wentong, W., Zhigang, J., Binghai, D., Yanqin, D., Ting, N., Fangzan, J., 2013, Screening and diversity of plant growth promoting endophytic bacteria from peanut, *African Journal of Microbiology Research*, 7(10), 875-884.

Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., Gobi, T.A., 2013, Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils, *Plant*, Springer, 2, 587.

Sharma, S., Kaur, M., Prashad, D., 2014, Isolation of fluorescent pseudomonas strain from temperate zone of Himachal Pradesh and their evaluation as plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), *The Bioscan*, 9(1), 323-328.

Sharma, S., Kulkarni, J., Jha, B., 2016, Halotolerant rhizobacteria promote growth and enhance salinity tolerance in peanut, *Microbiol.*, 7, 1600.

Shaw, G., 1994, Chemistry of adenine cytokinins, *In Cytokinins: Chemistry, Activity and Function*, D.W.S. Mok and M.C. Mok (edits) CRC Press Inc., Boca-Raton. 15-34.

Sheng, X.F., Xia, J.J., 2006, Improvement of rape (*Brassica napus*) plant growth and cadmium uptake by cadmium-resistant bacteria, *Chemosphere*, 64, 1036-1042.

Shoebitz, M., Ribaudó, C.M., Pardo, M.A., Cantore, M.L., Ciampi, L., Curá, J.A., 2009, Plant growth promoting properties of a strain of *Enterobacter ludwigii* isolated

- from *Lolium perenne* rhizosphere, *Soil Biology and Biochemistry*, 41(9), 1768-1774.
- Shrivastava, U.P., 2013, Isolation and initial characterization of diazotrophic plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from rice rhizosphere of Parsa and Bara district of Nepal, *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*, 4(3).
- Shrivastava, P., Yandigeri, M.S., Kumar, R., Arora, D.K., 2015, Isolation and characterization of Streptomyces with plant growth promoting potential from Mangrove ecosystem, *Polish Journal of Microbiology*, 64(4), 9.
- Sookkheo, B., Sinchaikul, S., Phutrakul, S., Chen, S.T., 2000, Purification and characterization of the highly thermostable proteases from *Bacillus stearothermophilus* TLS33, *Protein Expr. Purif.*, 20, 142-151.
- Shrivastava, S., Egamberdieva, D., Varma, A., 2015, Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and medicinal plants: The state of the art, *Plant-growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants*, 1-16.
- Singh, Y., Lal, N., 2016, Isolation and characterization of PGPR from wheat (*Triticum aestivum*) rhizosphere and their plant growth promoting traits in vitro, *Indian J. Biol.*, 3, 139-144.
- Singh, S.B., Gowtham, H.G., Murali, M., Hariprasad, P., Lakshmeesha, T.R., Murthy, K. N., Niranjana, S.R., 2019, Plant growth promoting ability of ACC deaminase producing rhizobacteria native to sunflower (*Helianthus annuus*), *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 101089.
- Singh, S., 2014, A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic and abiotic stress, *Journal of Applied Microbiology*, 117, 1221-1244.
- Sokolova, M.G., G.P, Akimova., O.B, Vaishlya., 2011, Effect of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants, *Applied Biochemistry Microbiology*, 47, 274-278.
- Somers, E., Vanderleyden, J., Srinivasan, M., 2004, Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet, *Crit. Rev. Microbiol.*, 30, 205-240.

- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S., 2008, Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri, *Derim*, 25(2), 24-34.
- Spaepen, S., and Vanderleyden, J., 2011, Auxin and plant-microbe interactions, *Cold Spring Harb. Perspect Biol.*, 3, 1438.
- Sreevidya, M., Gopalakrishnan, S., Kudapa, H., Varshney, R.K., 2016, Exploring plant growth-promotion actinomycetes from vermicompost and rhizosphere soil for yield enhancement in chickpea, *Brazilian Journal of Microbiology*, 47, 85-95.
- Stets, M.I., Pinto Jr, A.S., Huergo, L.F., de Souza, E.M., Guimarães, V.F., Alves, A.C., Cruz, L.M., 2013, Rapid identification of bacterial isolates from wheat roots by high resolution whole cell MALDI-TOF MS analysis, *Journal of Biotechnology*, 165(3-4), 167-174.
- Sujanya, S., Chandra, S., 2011, Effect of part replacement of chemical fertilizers with organic and bio-organic agents in ground nut, *Arachis hypogea*, *Journal of Algal Biomass Utilization*, 2(4), 38-41.
- Sunita, S., Lakshminarayana, K., Gupta, P.P., 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.
- Supanjani Han, H.S., Jung, S.J., Lee, K.D., 2006, Rock phosphate potassium and rock solubilizing bacteria as alternative sustainable fertilizers, *Agro. Sustain. Dev.*, 26, 233-240.
- Sutherland, R., Boon, R.J., Griffin, K.E., Masters, P.J., Slocombe, B., and White, A.R., 1985, Antibacterial activity of mupirocin (pseudomonic acid), a new antibiotic for topical use, *Antimicrob. Agents Chemother.*, 27, 495-498.
- Tabassum, B., Khan, A., Tariq, M., Ramzan, M., Khan, M.S.I., Shahid, N., Aaliya, K. 2017, Bottlenecks in commercialisation and future prospects of PGPR, *Applied Soil Ecology*, 121, 102-117.
- Taulé, C., Mareque, C., Barlocco, C., Hackembruch, F., Reis, V.M., Sicardi, M., Battistoni, F., 2012, The contribution of nitrogen fixation to sugarcane (*Saccharum*

*officinarum* L.), and the identification and characterization of part of the associated diazotrophic bacterial community, *Plant and Soil*, 356(1), 35-49.

Tekiner, N., Kotan, R., Tozlu, E., Dadaşoğlu, F., 2019, Determination of some biological control agents against *Alternaria fruit rot* in quince, *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 34(1), 25-31.

Temiz, A., 2010, *Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri*, Hatipoğlu Yayıncılık, Ankara, 1- 277.

Terkina, I.A., Parfenova, V.V., Ahn, T.S., 2006, Antagonistic activity of actinomycetes of Lake Baikal, *Appl. Biochem. Microbiol.*, 42, 173-176.

Theodorou, M.E., and Plaxton, W.C., 1993, Metabolic adaptations of plant respiration to nutritional phosphate deprivation, *Plant Physiol*, 101, 339-344.

Tirry, N., Kouchou, A., El Omari, B., Ferioun, M., El Ghachtouli, N., 2021, Improved chromium tolerance of *Medicago sativa* by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 1-14.

Tiwari, P., Singh, J.S., 2017, A plant growth promoting rhizospheric *Pseudomonas aeruginosa* strain inhibits seed germination in *Triticum aestivum* (L) and *Zea mays* (L), *Microbiology Research*, 8(2), 7233.

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.

Tunçtürk, R., Kulaz, H., Çiftçi, V., 2016, Farklı rhizobium suşları ve organik gübre uygulamalarının çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)’de bazı tarımsal karakterler üzerine etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 475-483.

Ünlü, E., Yetişir, H., Idris, A.B., Karim, A.A., Yılmaz, S., 2018, *Molecular and Bioinformatic Characterization of Pgpr Bacteria Species Isolated from Local Alfalfa (Medicago sativa L.) Plants Rhizosphere in*



Turkey, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4091548](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4091548), [Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2022].

- Xiao, A.W., Li,Z., Li, W.C., Ye, Z.H., 2020, The effect of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on arsenic accumulation and the growth of rice plants (*Oryza sativa*), *Chemosphere*, 242, 125-136.
- Qadir, M., Quill rou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R.J., Drechsel, P., Noble, A.D., 2014, Economics of salt-induced land degradation and restoration, *Nat. Resour. Forum*, 38, 282-295.
- Vadnerker, P.S., Vyas, T.K., Kapadia, C., Gandhi, A., 2018, Multifaceted plant growth promoting potentials of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from Dandi, Gujarat, India, *Int. J. Chem. Stud.*, 6(6), 1146-1151.
- Van Gundy, S., Mckenry, M.V., 2012, Action of nematicides. *Plant Disease: an Advanced Treatise*, 1st edn. Elsevier, *Int. J. Chem. Stud.*, 263-283.
- Van Loon, L.C., 1997, Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins, *Eur. J. Plant Pathol.*, 103, 753-765.
- Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., Lavakush, S., Singh, V., 2010, Impact of plant growth promoting rhizobacteria on crop production, *International Journal of Agricultural Research*, 5(11), 954-983.
- Vessey, J.K., 2003, Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant Soil*, 255, 571-586.
- Vincze, E.B., Salamon, R.V., Kovacs, E., Mara, G., 2018, Effect of metal tolerant plant growth promoting rhizobacteria on bean growth, cadmium and zinc uptake and stress responses, *Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ)*, 17(4).
- Voisard, C., Keel, C., Hass, D., Defago, G., 1989, Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions, *The EMBO Journal*, 8, 351-358.

- Yasmin, F., Othman, R., Saad, M.S., Sijam, K., 2007, Screening for beneficial properties of Rhizobacteria isolated from sweet potato rhizosphere, *Biotechnology*, 6(1), 49-52.
- Yekkour, A., Sabaou, N., Zitouni, A., Errakhi, R., Mathieu, F., Lebrihi, A., 2012, Characterization and antagonistic properties of Streptomyces strains isolated from Saharan soils, and evaluation of their ability to control seedling blight of barley caused by *Fusarium culmorum*, *Letters in Applied Microbiology*, 55(6), 427-435.
- Walker, V., Bertrand, C., Bellvert, F., Moënne-Loccoz, Y., Bally, R., Comte, G., 2011, Host plant secondary metabolite profiling shows a complex, strain-dependent response of maize to plant growth-promoting rhizobacteria of the genus *Azospirillum*, *New Phytologist*, 189 (2), 494-506.
- Wang, E.T., Martinez-Romero, E., 2000, Sesbania herbacea–*Rhizobium huautlense* nodulation in flooded soils and comparative characterization of *S. herbacea* nodulating Rhizobia in different environments, *Microbial Ecology*, 40(1), 25-32.
- Wani, P., Khan, M., Zaidi, A., 2007, Co-inoculation of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria to promote growth, yield and nutrient uptake in chickpea, *Acta Agronomica Hungarica*, 55(3), 315-323.
- Ware, G.W., Whitacre, D.M., 2004, An introduction to insecticides, *The Pesticide Book*, 6,20.
- Wei, G., Kloepper, J.W., Tuzun, S., 1996, Induced systemic resistance to cucumber diseases and increased plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions, *Phytopathology*, 86, 221-224.
- Wei, B., Yang, L., 2010, A review of heavy metal contaminations in urban soils urban road dusts and agricultural soils from China, *Microchem., J.*, 94, 99-107.
- Westwood, M.N., 1993, Hormones and Growth Regulators, *Temperate Zone Pomology: Physiology and Culture*, Timber Press Inc, Portland, Oregon, US, 20-28.
- Wilson, P.W. and Knight, S.C. 1952, *Experiments in bacterial physiology*, Burgess Publishing Co., Minneapolis, Minn.

- Woyessa, D., Assefa, F., 2011, Diversity and plant growth promoting proerties of rhizobacteria isolated from tef (*Eragrostis tef*), *Ethiopian Journal of Education and Sciences*, 6(2), 81-94.
- Zacharof, M.P., Lovitt, R.W., 2012, Bacteriocins produced by lactic acid bacteria a review article, *Apcbee Procedia*, 2, 50-56.
- Zainab, N., Khan, A.A., Azeem, M.A., Ali, B., Wang, T., Shi, F., Chaudhary, H.J., 2021, PGPR-mediated plant growth attributes and metal extraction ability of *Sesbania sesban* L. in industrially contaminated soils, *Agronomy*, 11(9), 18-20.
- Zhang, S., Moyne, A.L., Reddy, M.S., Kloepper, J.W., 2002, The role of salicylic acid in induced systemic resistance elicited by plant growth-promoting rhizobacteria against blue mold of tobacco, *Biological Control*, 25(3), 288-296.
- Zhang, L.Z., Wei, N., Wu, Q.X., Ping, M.L., 2007, Antioxidant response of *Cucumis sativus* L. to fungicide carbendazin, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89, 54-59.

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgileri	
Adı Soyadı	Murat Güler
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fakülte	Fen -Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	2001

Yüksek Lisans	
Üniversite	Ankara Üniversitesi
Enstitü Adı	Biyoteknoloji Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoteknoloji
Programı	Biyoteknoloji
Mezuniyet Tarihi	2005

Doktora	
Üniversite	Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji
Programı	Biyoloji Programı
Mezuniyet Tarihi	2022

Makale ve Bildiriler	
<p>1. Oğutcu, H., Nartop, D., Hasanoğlu Özkan, E., Sarı, N., <b>Güler, M.</b>, 2018. Antibacterial and Antifungal Activities of Polymeric Microspheres Including Azomethine with Pt(IV) Against Pathogenic Microorganisms. 1. International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, 26-27 April, Ankara.</p> <p>2. Öğütçü, H., Gövenç, Y., <b>Güler, M.</b>, 2019, İdrar Yolu Enfeksiyonuna Neden Olan Gram negatif Bakterilerin Antibiyotik dirençliliğinin Karşılaştırılması. Yayın Yeri: Uluslararası 24 Kasım Başöğretmen Eğitim ve Yenilikçi Bilimler Sempozyumu (Sözlü bildiri).</p> <p>3. <b>Güler, M.</b>, Öğütçü, H., 2021, Kırşehir İli Mucur İlçesinden Alınan Toprak Örneklerinden Bitki Gelişimini Teşvik Eden (PGPR) Bakterilerin İzolasyonu ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. 7<sup>th</sup> International Congress On Engineering, Architecture and Design, 21-22 MAY 2021, İstanbul, Turkey (Sözlü bildiri).</p> <p>4. Öğütçü, H., <b>Güler, M.</b>, 2021, Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakterilerin (PGPB) Ağır Metal (Kobalt) Dirençliliğinin Belirlenmesi. Yayın Yeri: Middle East</p>	

International Conference On Contemporary Scientific Studies-V. 27-28 2021(Sözlü bildiri).

**5.Güler, M.,** Öğütçü, H., 2022, Kırşehir İli Mucur İlçesinde Tarımsal Üretim Yapılan Topraklardan İzole Edilen Bitki Probiyotik Bakterilerin Kobalt Ağır Metal Dirençliliğinin Belirlenmesi. 9. International Congress on Engineering, Architecture and Design, 14-15-16 May 2022, İstanbul, Turkey (Sözlü bildiri).

**6. Oğutcu, H., Guler, M.,** 2022. Determination of Resistance to Cobalt (CoCl<sub>2</sub>) Heavy Metal of Plant Probiotic Bacteria to be Used As Biological Fertilizer in Agriculture. 2nd International Natural Science, Engineering and Material Technologies Conference, 15 – 17 Sept., İğneada, Tekirdağ (Sözlü bildiri).

### **Projeler**

**1. Bitki Gelişimini Teşvik Edici (PGPR) Özellikteki Bakterilerin İzolasyonu ve Tanınması.** Proje No: ZRT.A4.20.012 (Araştırmacı)

**2. Kırşehir İli Kaman İlçesinden Alınan Toprak Örneklerinden Bitki Gelişimini Teşvik Eden (Pgpr) Bakterilerin İzolasyonu ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi**  
Proje No: ZRT.A4.22.005 (Araştırmacı)

**3. Kırşehir İli Mucur İlçesinden Alınan Toprak Örneklerinden Bitki Gelişimini Teşvik Eden (PGPR) Bakterilerin İzolasyonu ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi**  
Proje No: ZRT.A4.21.017. 06-05-2021- 05-05-2022 (Araştırmacı)