

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**VERMİKOMPOSTTAN FOSFAT ÇÖZEN BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ
VE MİKROBİYAL GÜBRE POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

Ayşe Nur ALKAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ŞUBAT 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**VERMİKOMPOSTTAN FOSFAT ÇÖZEN BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ
VE MİKROBİYAL GÜBRE POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

Ayşe Nur ALKAN

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ŞUBAT 2022

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VERMİKOMPOSTTAN FOSFAT ÇÖZEN BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ
VE MİKROBİYAL GÜBRE POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

**Ayşe Nur ALKAN
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**T.C. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FYL-2020-5216 nolu proje ile desteklenmiştir.**

ŞUBAT 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VERMİKOMPOSTTAN FOSFAT ÇÖZEN BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ
VE MİKROBİYAL GÜBRE POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ**

Ayşe Nur ALKAN

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 08/02/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. İlker UZ (Danışman)

Prof. Dr. Şule ORMAN

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

ÖZET

VERMİKOMPOSTTAN FOSFAT ÇÖZEN BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ VE MİKROBİYAL GÜBRE POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ

Ayşe Nur ALKAN

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlker UZ

Şubat 2022; 95 sayfa

Kimyasal gübre uygulamalarının çevre-su-toprak kirliliği gibi sorunlara neden olduğunun görülmesi araştırmacıları sürdürülebilir tarım konseptine uygun alternatifler aramaya itmiştir. Bu alternatiflerden birisi de mikrobiyal gübrelerdir. Farklı ortamlardan elde edilen mikroorganizmaların mikrobiyal gübre olarak kullanılmasına yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak, son yıllarda popülerliği artan bir organik gübre olan vermikompost (solucan gübresi) ve vermikompost uygulanmış toprakta mikrobiyal gübre olma potansiyeline sahip bakterilerin varlığı ve etkinliği ile ilgili detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışması fosfat çözen bakteriler bağlamında bu bilgi eksikliğini gidermeyi amaçlamıştır. Çalışmada, vermikompost ve vermikompost uygulanmış topraktan fosfor çözme kabiliyetlerine göre izole edilen bakteriler saflaştırılmış ve fosfor çözme kapasitelerine ve 16S rRNA gen dizilerine göre 5 farklı izolat saksı denemesinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Saksı denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak sera koşullarında yürütülmüş ve test bitkisi olarak kıvırcık marul (*Lactuca sativa var. Crispa*) kullanılmıştır. Bakteri solüsyonları fide dikimini takiben 7. ve 14. günlerde kök bölgesine gelecek şekilde toprağa uygulanmıştır. Deneme, sadece kimyasal gübre uygulanmış ve herhangi bir kimyasal ve biyolojik uygulama yapılmamış konular da içermiştir. Deneme sonunda alınan toprak (rizosfer ve rizosfer dışı) örneklerinde biyolojik analizler (Alkali Fosfataz, β -Glikosidaz, Dehidrogenaz, Üreaz aktivite analizleri ve Mezofilik Heterotrofik Bakteri Sayımı) ve kimyasal analizler (pH, EC, makro ve mikro besin elementi analizleri) yapılmıştır. Bitkilerde ise verim ve kalite parametreleri ile makro ve mikro besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre rizosfer toprağında en etkili izolatlar PBV-A9, PNB-B3 ve PNB-B46 olurken bitki üzerine etkileri bakımından PBV-A9, PHB-A8 ve PNB-B3 izolatları öne çıkmıştır. PNB-B3 ve PBV-A9 izolatlarının rizosfer bölgesine daha iyi uyum sağlayabildiği hem toprak ve hem de bitkiye etkileri açısından değerlendirildiğinde mikrobiyal gübre potansiyellerinin yüksek olabileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: bakteri, biyolojik gübre, fosfor, fosfor çözen bakteri, inokulasyon, solucan gübresi, PGPR.

JÜRİ: Doç. Dr. İlker UZ

Prof. Dr. Şule ORMAN

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

ABSTRACT
ISOLATION OF PHOSPHATE SOLUBILIZING BACTERIA FROM
VERMICOMPOST AND DETERMINATION OF THEIR MICROBIAL
FERTILIZER POTENTIAL

Ayşe Nur ALKAN

MSc Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

February 2022; 95 pages

The fact that applications of chemical fertilizer cause problems such as water and soil pollution has led researchers to seek alternatives suitable for the concept of sustainable agriculture. One of these alternatives is microbial fertilizers. Numerous studies have been conducted on the use of microorganisms obtained from different environments as microbial fertilizers. However, there are no detailed studies on the presence and effectiveness of microorganisms that have the potential as microbial fertilizers in vermicompost and vermicompost-treated soil. This thesis aimed to fill this gap in terms of phosphate solubilizing bacteria. In this study, bacteria isolated from vermicompost and a vermicompost-treated soil based on their phosphorus solubilizing abilities were purification and 5 of these isolates were selected for the pot experiment, according to their phosphorus solubilizing capacity and 16S rRNA gene sequences. The pot experiment was carried out according to the randomized plot design with 3 replicates under greenhouse conditions and lettuce (*Lactuca sativa var. Crispa*) was used as the test plant. Bacteria solutions were applied to the soil on the 7th and 14th days after seedling plantation. The experiment also included a treatment receiving only chemical fertilizers and a treatment with no chemical and biological application. Biological analyzes (Alkaline Phosphatase, β -Glycosidase, Dehydrogenase, Urease activity analyzes and Mesophilic Heterotrophic Bacterial Count) and chemical analyzes (pH, EC, macro and micro nutrient analysis) were performed on the soil (bulk soil and rhizosphere soil) samples taken at the end of the experiment. Yield and quality parameters, and macro and micro nutrient contents of plants were also determined. According to the results obtained, the most effective isolates in rhizosphere soil were PBV-A9, PNB-B3 and PNB-B46, while PBV-A9, PHB-A8 and PNB-B3 isolates were prominent in terms of their effects on plant. It has been concluded that PNB-B3 and PBV-A9 isolates can adapt better to the rhizosphere region, and their potential as microbial fertilizer can be high when evaluated in terms of their effects on both soil and plant.

KEYWORDS: bacteria, biological fertilizer, phosphorus, phosphorus solubilizing bacteria, inoculation, vermicompost, PGPR.

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

Prof. Dr. Şule ORMAN

Assoc. Prof. Dr. Çağdaş AKPINAR

ÖNSÖZ

Her geçen gün artan dünya nüfusu insanları daha çok verim almak adına yüksek dozda kimyasal gübre kullanmaya yönlendirmiştir. Uzun vadede baş gösteren çevre-su-toprak kirliliği, araştırmacıları kimyasal gübreye alternatif bir çözüm yolu aramaya itmiştir. Biyoteknolojik süreçlerle azalan kimyasal girdi sayesinde daha fazla ve sağlıklı gıda üretiminin sağlanmasına yönelik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu amaçla özellikle organik tarım için önemli bir potansiyele sahip mikrobiyal kaynaklar değerlendirilmektedir. Serbest yaşayan bakteriler azot fiksasyonu ve fosfor çözebilme gibi yeteneklerine ilave olarak doğal bitki gelişim hormonları ile bitki gelişimini teşvik etmektedirler. Sulama ve ortam şartlarının daha uygun olduğu sera şartlarında bakterilerin daha etkili olabileceği, biyolojik gübrelemenin kimyasal gübrelemeye alternatif oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, farklı ortamlardan bitki gelişimini teşvik eden mikroorganizmaların izole edilerek bunların tarımda kullanılabilme durumlarının belirlenmesi önemlidir. Bu bağlamda, bu tez çalışması vermikompost ve ayrıca vermikompost uygulanmış bir topraktan fosfat çözme kabiliyetine sahip bakterilerin elde edilmesi ve biyolojik gübre olarak kullanılabilme potansiyellerinin araştırılmasını amaçlamıştır.

Akademinin başlangıç basamağı olan yüksek lisans tezimde bilgi ve tecrübelerini cömertlikle paylaşan aynı zamanda TÜBİTAK 1001 projesinde çalışmamı olanak sağlayan pek değerli danışman hocam Doç. Dr. İlker UZ'a en samimi şükranlarımı sunarım. Yüksek lisans yapma isteğimi farkedene, beni bu yolda ilerlememi destekleyen, sayesinde ilk laboratuvar ve arazi deneyimimi aldığım abim, hocam Öğr. Gör. Dr. İsmail Emrah TAVALI'ya, laboratuvar çalışmalarımda destek veren Zir. Yük. Müh. Aylin ZAMBAK ÖZGÜR'e de teşekkür ederim. Tez çalışmamda kullandığım bitki materyalini sağlayan Gülsün TAVALI'ya (Kırcami Fide A.Ş.) teşekkürü bir borç bilirim.

Beni bu günlere getiren, her zaman desteklerini arkamda hissettiğim canım aileme, bana hem arkadaşım hem babam Mehmet ALKAN'a, yüce gönüllüğüyle her zaman dimdik durabilen sevgili annem Fedan ALKAN'a, çalışmalarım boyunca hep yanımda duran ve yardımcı olan kardeşim Rabia ALKAN'a ailemizin en değerlisi pek kıymetlisi Nefise ALKAN'a, bu yolculuk sırasında tanıştığım bana her zaman destek olan canım eşim Öğr. Gör. Ömer YENİPAZARLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-----|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| ÖNSÖZ | iii |
| AKADEMİK BEYAN | vi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | ix |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xi |
| 1. GİRİŞ..... | 12 |
| 2. KAYNAK TARAMASI..... | 14 |
| 3. MATERYAL VE METOT..... | 19 |
| 3.1. Metaryal..... | 19 |
| 3.1.1. Deneme alanı, deneme süresi..... | 19 |
| 3.1.2. Test bitkisi, deneme ortamı, bakım işlemleri..... | 19 |
| 3.1.3. Deneme konusu ve deseni..... | 20 |
| 3.1.4. Analizler için örnekleme şekli | 21 |
| 3.1.5. Örnekleme zamanı ve örnek sayısı | 21 |
| 3.2. Metot | 23 |
| 3.2.1. Biyolojik analizler..... | 23 |
| 3.2.1.1. Üreaz aktivitesi | 23 |
| 3.2.1.2. Alkali fosfataz aktivitesi | 24 |
| 3.2.1.3. β - glikosidaz aktivitesi | 24 |
| 3.2.1.4. Dehidrogenaz aktivitesi..... | 24 |
| 3.2.1.5. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı | 24 |
| 3.2.2. Kimyasal analizler | 25 |
| 3.2.2.1 Toprakta verimlilik analizleri..... | 25 |
| 3.2.2.2 Bitkide makro-mikro besin elementi analizleri..... | 25 |
| 3.2.3 Fiziksel ölçümler: marul verimi ve kalite parameteleri..... | 25 |
| 3.3. İstatiksel Analizler..... | 25 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 27 |
| 4.1. Topraktaki Enzim Aktiviteleri | 27 |
| 4.1.1. Üreaz enzim aktivitesi..... | 27 |
| 4.1.2. Alkali fosfataz enzim aktivitesi..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 4.1.3. β - glikosidaz enzim aktivitesi..... | 32 |
| 4.1.4. Dehidrogenaz enzim aktivitesi..... | 34 |
| 4.1.5. Mezofilik-aerobik bakteri sayısı | 35 |
| 4.2. pH ve EC Değerleri | 37 |
| 4.2.1. pH değerleri | 37 |
| 4.2.2. EC değerleri | 39 |
| 4.3. Toprakların Makro-Mikro Besin Elementi Kapsamları | 41 |
| 4.3.1. Toplam azot, alınabilir fosfor ve değişebilir potasyum | 41 |
| 4.3.2. Değişebilir kalsiyum , magnezyum ve sodyum | 45 |
| 4.3.3. Alınabilir demir , çinko , bakır ve mangan | 50 |
| 4.4. Bitkilerin Makro – Mikro Besin Elementlerine İlişkin Değerleri | 55 |
| 4.4.1. Toplam azot..... | 55 |
| 4.4.2. Fosfor | 56 |
| 4.4.3. Potasyum | 57 |
| 4.4.4. Kalsiyum | 58 |
| 4.4.5. Magnezyum..... | 59 |
| 4.4.6. Sodyum | 60 |
| 4.4.7. Demir..... | 60 |
| 4.4.8. Çinko | 61 |
| 4.4.9. Mangan..... | 62 |
| 4.4.10. Bakır | 62 |
| 4.5. Bitki Fiziksel Kalite Parametreleri | 63 |
| 4.5.1. Kök boğazı çapı (milimetre): | 63 |
| 4.5.2. Yaprak genişliği | 65 |
| 4.5.3. Yaprak sayısı | 65 |
| 4.5.4. Kök uzunluğu | 66 |
| 4.5.5. Baş uzunluğu | 67 |
| 5. SONUÇLAR | 68 |
| 6. KAYNAKLAR..... | 70 |
| 7. EKLER | 80 |
| ÖZGEÇMİŞ | |

AKADEMİK BEYAN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Vermikomposttan Fosfat Çözen Bakterilerin İzole Edilmesi ve Mikrobiyal Gübre Potansiyelinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

08/02/2022

Ayşe Nur ALKAN



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

| | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| % | : Yüzde |
| $\mu\text{S cm}^{-1}$ | : Mikrosimens/santimetre |
| $\mu\text{g g}^{-1}$ | : Mikrogram/gram |
| kob g^{-1} | : Koloni oluşturan birim/gram |
| mg kg^{-1} | : Miligram/kilogram |
| kg | : Kilogram |
| g/cm^3 | : Gram/santimetreküp |
| mm | : Milimetre |
| cm | : Santimetre |
| cm^2 | : Santimetrekare |
| t da^{-1} | : Ton/dekar |
| t ha^{-1} | : Ton/hektar |
| mg/100 g | : Miligram/100 gram |
| ppm | : Milyonda kısım (part per million) |
| $\text{NO}_2^- \text{-N}$ | : Nitrit azotu |
| $\text{NO}_3^- \text{-N}$ | : Nitrat azotu |
| $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ | : Amonyum azotu |
| meq/100 g | : Miliekivalent/100 gram |

Kısaltmalar

| | |
|-----|--|
| AÜ | : Akdeniz Üniversitesi |
| EC | : Elektriksel İletkenlik |
| pH | : Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması |
| PNP | : p-Nitrofenil fosfat disodyum hexahidrat |
| PNG | : p-nitrofenil- β -D-glukosit |

| | |
|-----|--|
| Rpm | : Revelution Per Minute (dakikadaki hız) |
| SI | : Çözünürlük indeksi |
| TPF | : Trifenil formazan |
| VK | : Vermikompost |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 3.1. Denemelerin arazi uygulamalarına ait genel görünümeler..... | 25 |
| Şekil 3.2. Denemelerin arazi uygulamalarına ait genel görünümeler..... | 22 |
| Şekil 3.3. Laboratuvar uygulamalarına ait genel görünümeler..... | 22 |
| Şekil 4.1. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Üreaz Enzim aktivitesi üzerine etkileri | 28 |
| Şekil 4.2. Uygulamaların rizosfer toprağında Üreaz Enzimi üzerine etkileri..... | 28 |
| Şekil 4.3. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alkali Fosfataz enzimi aktivitesi üzerine etkileri..... | 29 |
| Şekil 4.4. Uygulamaların rizosfer toprağında Alkali Fosfataz enzim aktivitesi üzerine etkileri | 31 |
| Şekil 4.5. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta β -Glikosidaz enzim aktivitesi üzerine etkileri | 32 |
| Şekil 4.6. Uygulamaların rizosfer toprağında β -Glikosidaz enzimi aktivitesi üzerine etkileri | 33 |
| Şekil 4.7. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri | 34 |
| Şekil 4.8. Uygulamaların rizosfer toprağında Dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri | 35 |
| Şekil 4.9. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Mezofilik-Aerobik Bakteri Sayısı üzerine etkisi | 36 |
| Şekil 4.10. Uygulamaların rizosfer toprağında Mezofilik-Aerobik Bakteri Sayısı üzerine etkisi | 36 |
| Şekil 4. 11. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta pH üzerine etkileri | 37 |
| Şekil 4. 12. Uygulamaların rizosfer toprağında pH üzerine etkileri | 38 |
| Şekil 4.13. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta EC üzerine etkileri | 40 |
| Şekil 4.14. Uygulamaların rizosfer toprağında EC üzerine etkileri..... | 40 |
| Şekil 4.15. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta toplam N kapsamına etkileri..... | 41 |
| Şekil 4.16. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir P kapsamına etkileri | 42 |
| Şekil 4.17. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki K kapsamına etkileri..... | 42 |
| Şekil 4.18. Uygulamaların rizosfer toprağındaki N kapsamına etkileri..... | 43 |
| Şekil 4.19. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir P kapsamına etkileri..... | 44 |
| Şekil 4.20. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değişebilir K kapsamına etkileri..... | 44 |
| Şekil 4.21. Uygulamaların rizosfer topraktaki Değişebilir Ca kapsamına etkileri | 46 |
| Şekil 4.22. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Değişebilir Mg kapsamına etkileri | 47 |
| Şekil 4.23. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta ki Değişebilir Na kapsamına etkileri | 47 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4.24. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değışebilir Ca kapsamına etkileri | 48 |
| Şekil 4.25. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değışebilir Mg kapsamına etkileri | 49 |
| Şekil 4.26. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Değışebilir Na kapsamına etkileri .. | 49 |
| Şekil 4.27. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Zn kapsamına etkileri..... | 50 |
| Şekil 4.28. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Mn kapsamına etkileri..... | 51 |
| Şekil 4.29. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Cu kapsamına etkileri..... | 52 |
| Şekil 4.30. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Fe kapsamına etkileri | 52 |
| Şekil 4.31. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Zn kapsamına etkileri | 53 |
| Şekil 4.32. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Mn kapsamına etkileri | 54 |
| Şekil 4.33. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Cu kapsamına etkileri | 54 |
| Şekil 4.34. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Fe kapsamına etkileri..... | 55 |
| Şekil 4.35. Uygulamaların bitkinin N kapsamına etkileri..... | 56 |
| Şekil 4.36. Uygulamaların bitkinin P kapsamına etkileri | 57 |
| Şekil 4.37. Uygulamaların bitkinin K kapsamına etkileri..... | 58 |
| Şekil 4.38. Uygulamaların bitkinin Ca kapsamına etkileri | 58 |
| Şekil 4.39. Uygulamaların bitkinin Mg kapsamına etkileri..... | 59 |
| Şekil 4.40. Uygulamaların bitkidenin Na kapsamına etkileri..... | 60 |
| Şekil 4.41. Uygulamaların bitkinin Fe kapsamına etkileri | 61 |
| Şekil 4.42. Uygulamaların bitkinin Zn kapsamına etkileri..... | 62 |
| Şekil 4.43. Uygulamaların bitkinin Mn kapsamına etkileri..... | 62 |
| Şekil 4.44. Uygulamaların bitkinin Cu kapsamına etkileri..... | 63 |
| Şekil 4.45. Uygulamaların bitkideki Kök Boğazı apı (mm) üzerine etkileri | 64 |
| Şekil 4.46. Uygulamaların bitkideki Yaprak Genişliği (cm) üzerine etkileri | 65 |
| Şekil 4.47. Uygulamaların bitkideki Yaprak Sayısı (adet) üzerine etkileri | 66 |
| Şekil 4.48. Uygulamaların bitkideki Kök Uzunluğu (cm) üzerine etkileri..... | 66 |
| Şekil 4.49. Uygulamaların bitkideki Baş Uzunluğu (cm) üzerine etkileri..... | 67 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 3.1. Deneme toprağının özellikleri | 19 |
| Çizelge 3.2. Denemede kullanılan vermikompostun özellikleri | 20 |
| Çizelge 3.3. Denemede yapılan uygulamalar ve içerikleri | 21 |
| Çizelge 4.1. Uygulamalara ait bakteri izolatlarının SI değerleri, 16S r DNA dizi sonuçları ve benzerlik oranları | 27 |
| Çizelge 4.2. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Üreaz, Alkali Fosfataz, β -Glikosidaz, Dehidrogenaz enzim aktiviteleri ve Mezofilik – Aerobik bakteri sayıları üzerine etkileri | 30 |
| Çizelge 4.3. Uygulamaların rizosfer toprağında Üreaz, Alkali Fosfataz, β -Glikosidaz, Dehidrogenaz enzim aktiviteleri ve Mezofilik – Aerobik bakteri sayıları üzerine etkileri | 32 |
| Çizelge 4.4. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki EC ve pH oranlarına etkileri..... | 38 |
| Çizelge 4.5. Uygulamaların rizosfer toprağındaki EC ve pH oranlarına etkileri..... | 39 |
| Çizelge 4.6. Uygulamaların rizosfer dışı toprak üzerindeki Toplam N, Alınabilir P, Değişebilir K üzerine etkisi..... | 41 |
| Çizelge 4.7. Uygulamaların rizosfer toprağı üzerindeki Toplam N, Alınabilir P, Değişebilir K üzerine etkisi..... | 43 |
| Çizelge 4.8. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki değişebilir Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na) üzerine etkileri | 46 |
| Çizelge 4.9. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değişebilir Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na) üzerine etkileri | 48 |
| Çizelge 4.10. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Alınabilir Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu)ve Mangan (Mn) üzerine etki değerleri | 51 |
| Çizelge 4.11. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn) üzerine etki değerleri | 53 |
| Çizelge 4.12. Uygulamaların bitkilerdeki Azot (N), Fosfor(P) ve Potasyum (K) üzerine etkileri. | 56 |
| Çizelge 4.13. Uygulamaların bitkilerdeki Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Sodyum (Na) üzerine etkileri. | 59 |
| Çizelge 4.14. Uygulamaların bitkilerdeki Demir (Fe), Mangan (Mn), Bakır (Cu) ve Çinko (Zn) üzerine etkileri..... | 61 |
| Çizelge 4.15. Uygulamaların bitkilerdeki Ort. Baş uzunluğu(cm), Kök uzunluğu (cm), Kök boğazı çapı (mm), Yaprak Sayısı (adet), Yaprak Genişliği (cm) üzerine etkileri... 64 | |

1. GİRİŞ

Toprak, hava, su, sıcaklık ve pek çok organizmanın etkisiyle birlikte sırasıyla fiziksel, kimyasal ve akabinde biyolojik ayrışmalar sonucu meydana gelen ve pek çok canlı için yaşam kaynağı ve yaşam alanı olan aktif bir ortamdır. Bunun bir sonucu olarak toprakta özellikle biyolojik olaylar sürekli bir döngü içerisinde. Tüm canlılar için ortak yaşam kaynağı ve merkezi olan toprağın oluşumu çok uzun bir süreç gerektirdiğinden dolayı onu daha iyi korumak adına yeni yaklaşımlara ihtiyaç vardır.

Dünya nüfusundaki artış ile aynı oranda üretim gerçekleştiremeyen tarım sistemi, gelişen teknolojinin de etkisiyle kendisine yeni yollar aramaya başlamıştır. Başta kimyasal gübreler ile başlayan çalışmalar, aşırı kimyasal gübre kullanımının uzun vadede çevre-su-toprak kirliliği gibi daha büyük sorunlara neden olduğunun görülmesi ile biyoteknolojik gübreler gibi alternatif çözüm yollarına yönelmiştir (Syed 2005). Biyoteknolojik süreçlerle kimyasal girdiler azalmış, her geçen gün daha sağlıklı gıda üretimi yoluna girilmiştir. Bunun bir sonucu olarak kimyasal gübreye alternatif olarak organik gübreye olan ilgi artmıştır. Organik gübre, kimyasal gübre gibi bitkiye gerekli olan bitki besin elementlerini sağlamakla birlikte topraktaki gerekli organik madde miktarını ve hali hazırda bulunan mikroorganizma popülasyonunu kimyasal gübreye nazaran daha pozitif yönde etkilemektedir.

Günümüzde kimyasal girdiyi en aza indirmek amacıyla organik tarım, entegre mücadele, sürdürülebilir tarım gibi iyi tarım uygulamaları geliştirilmiştir. Sürdürülebilir tarım, uygun bir maliyetle yeterli ve kaliteli gıda üreten sistem ve uygulamaların iyileştirilmesini, tarım arazilerinin daha verimli kullanılmasını, çiftçilerin bilinçlendirilmesini, çevrenin ve doğal tarım kaynaklarının korunmasını görev alanına dahil etmektedir. Sürdürülebilir tarım, tarımsal üretkenliği korurken çevreye verilen zarar azaltarak kısa ve uzun vadede ekonomik kalkınmayı sürdürmek, tarımla uğraşan insanların yaşam kalitesini yükseltmek ve bu amaca yönelik uygulamalar geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda sürdürülebilir tarım organik gübrelerin kullanılmasını da teşvik etmektedir (Çakmakçı vd. 1999).

Ülke genelinde organik gübrelemenin artması amacıyla yapılan maliyet-fonksiyon araştırmaları çerçevesinde alternatif gübre araştırmaları hız kazanmıştır. Son yıllarda, Vermikompost, biyolojik özellikleri açısından diğer organik gübrelere göre daha öne plana çıkmaktadır. Vermikompost, ortamdaki organik atıkların mikroorganizmalar tarafından fermente edildikten sonra solucanların sindirim sistemi yoluyla hızlandırılmış nemlendirme ve detoksifikasyona uğraması ile oluşturulmaktadır. Daha yalın bir ifadeyle vermikompost, organik atıkların solucanın sindirim sisteminden geçmesi ve daha da zenginleşmesiyle oluşan "solucan humusu" ya da "solucan gübresi" adı verilen üründür. (Edwards ve Bohlen 1996; Erşahin 2007). Vermikompostun, geleneksel organik gübrelerle (çiftlik gübresi gibi) karşılaştırıldığında içinde bulundurduğu mikroorganizma faaliyetlerinin açık bir sonucu olarak bölgemiz toprakları üzerinde, biyolojik parametreler açısından, daha etkili olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Uz ve Tavali 2014; Uz vd. 2015). Vermikompostun, içinde bulundurduğu yararlı mikroorganizmalar sayesinde, etkili bir organik gübre olması çalışmalarımızın bu yönde yoğunlaşmasına neden olmuştur.

Topraktaki kimyasal aktivitelerin birçoğu toprağın rizosfer kısmındaki mikroorganizma faaliyetlerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bahse konu mikroorganizmaların büyük bir kısmını rizosfer bölgesinde yaşayan bakteriler oluşturmaktadır. Klepper vd. (1994) rizosfer bölgesinde yaşayan bu bakterilerin bitki gelişimini destekleyici etki mekanizmasına sahip olanlarını PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) olarak adlandırmışlardır. PGPR bakterileri kök yüzeyindeki sayılarını artırarak bitkinin topraktaki mevcut hava ve sudan en iyi derecede yararlanmasını sağlamaktadır. Buna ek olarak ağır metalleri çözme, azot fiksasyonu yapma ve fosfatı çözme kabiliyetlerinden dolayı da bitki gelişimini pozitif yönde teşvik etmektedir. Toprakta serbest yaşayan bakteri grupları, azot fiksasyonu ve fosfat çözme yetenekleri sayesinde, hali hazırda havada ve toprakta bulunan ancak bitkiler tarafından kullanılmayan azot ve fosfor gibi mineralleri bitkilerin kullanımına hazır hale getirmekle birlikte kendilerine de enerji sağlamaktadırlar. Bu özellikleri ile organik gübreleme kapsamında değerlendirilen vermikompostun, içerisinde bitki gelişimini destekleme görevinde bulunan bakterilerin de desteği ile yeterli su ve hava şartlarının sağlanması durumunda kimyasal gübrelere bir alternatif oluşturacağı fikri doğmuştur.

Bu çalışma, vermikompost ve vermikompost uygulaması yapılmış bir toprakta yetişen bitkilerin rizosfer bölgesinden izole edilen fosfat çözücü bakterilerin mikrobiyal gübre olma potansiyellerinin değerlendirilmesini ve bitki gelişimine olan etkilerinin incelenmesini kapsamaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Fosfor bitki gelişimini etkileyen temel besin elementlerinden biridir. Toprakta yeterli miktarda P olması ya da düzenli gübre uygulaması yapılması bitkinin bu elementin tamamından yararlanacağı anlamına gelmemektedir. Toprağa uygulanan fosfor Fe, Al ve Ca bileşikleri şeklinde çökelmekte ve bitki tarafından alınamaz forma dönüşmektedir (Gyaneshwar vd. 2002). Fosforun topraktan alınımının bu denli zor oluşu daha yüksek verim alma adına yüksek miktarda fosforlu gübreleme yapmayı zorunlu hale getirmektedir.

Bitkisel üretimde topraktan alınacak verimi artırmak adına kimyasal gübrelerin aşırı kullanımı uzun vadede çevresel bozulmalara sebep olmuştur. Sürdürülebilir bir tarım için çevresel bozulma etkilerini en aza indirecek alternatif materyal ve preparatlar üzerinde araştırmalar yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Bu alternatiflerden biri de organik gübrelerdir. Tarımsal kökenli bitki artıkları, yeşil gübreler, hayvansal atıklar, melas ve nişasta artıkları gibi toprağa organik madde uygulamaları toprakda mikrobiyal popülasyonun ve mikrobiyal aktivitenin artmasına katkı sağlamaktadır (Martynuik ve Wagner 1978). Uygulanan organik enerji kaynakları (yeşil gübre, hayvansal atık vb.) topraktaki fosfor çözünürlüğünü teşvik etmektedir (Kim vd. 1998).

Vermikompost, organik atıkların solucanların sindirim sisteminden geçmesiyle zenginleşen toprak düzenleyici ve gübre olarak kullanılan organik bir materyaldir (Kıran 2019). Vermikompost gübresinin en önemli özelliklerinden biri bitkilerin kök bölgesine (rizosfer) yerleşerek çeşitli antibiyotik, enzim (üreaz, fosfotaz, β -glükosidaz vb.) ve bitki gelişim düzenleyiciler (oksin, stokinin, giberellik asit vb.) salgılayarak bitkiye destek olan mikroorganizmaları içermesidir. Bu salgılar, bitkinin hem olası patojenlere (*fusarium spp*, *verticilium spp*. vb.) karşı korunmasına, hem toprakta yayılsız durumdaki organik bileşiklere bağlı besin elementlerinden (azot, fosfor, karbon vb.) faydalanmasına ve hem de kök ve sürgün gelişimine ve meyve tutumuna yardımcı olmaktadır. (Arancon vd. 2003; Sharma ve Banik 2014; Rangarajan vd. 2008; Doan 2014; Uz vd. 2016; Yılmaz vd. 2016).

Toprağa uygulanan vermikompost gibi organik materyallerin P mineralizasyonuna pozitif katkıda bulunduğu belirlenmiştir (Hashemimajd 2004; Anancan vd. 2006; Lima ve Malathi 2009; Maltaş vd. 2017). Tarımsal üretimde uygulanan organik gübrelerin faydaları sadece kullanıldığı bitki ile sınırlı kalmamakta, bu gübreler daha sonra o toprakta yetiştirilecek olan ürünler için de uygun bir ortam sağlamaktadır. Vermikompost toprağın su ve besin elementi kapasitesini iyileştirdiği ve kimyasal gübrelere kıyasla besin maddesi yıkanma oranları daha az ve yavaş olduğundan dolayı çevre sağlığını koruma açısından da önem taşımaktadır (Jakse ve Michelic 1999; Tavalı vd. 2016).

Benitez vd. (2000) biber üretimi yapılan toprağa zeytinyağı fabrikası artıkları kullanılarak elde edilen vermikompost uygulamışlardır. Uygulama sonucunda yaprakta P ve K konsantrasyonunun arttığı, N konsantrasyonunun etkilenmediği, rizosfer bölgesinde dehidrogenaz ve fosfataz aktivitesinin yükseldiği ve üreaz aktivitesinin sınırlandırıldığı belirlenmiştir. Kumarı ve Ushakumari (2002) bezelye ve mısır yetiştiriciliği yapılan toprağa kaya fosfatla zenginleştirilmiş vermikompost uygulaması yapmışlardır. Uygulama neticesinde zenginleştirilen bu vermikompostun topraktaki N, P, K, Ca ve Mg içeriğini artırdığını tespit etmişlerdir. Hıyar yetiştiriciliği ile ilgili olarak Yang (2008),

vermikompost gübresinin topraktaki fosfataz, katalaz, invertaz ve üreaz gibi enzim aktivitelerini arttırdığını belirtmiştir. Sinha vd. (2010) yaptıkları çalışma sonunda vermikompost uygulaması yapılan toprakta humik materyallerin ve bitki geliştirici hormonların miktarında artış olduğunu ve bitki gelişimi ve veriminin arttığını belirtmişlerdir.

Çilek yetiştiriciliği ile ilgili olarak Aroncan (2006) tarafından yapılan çalışmada kimyasal gübre ile kombine uygulanan vermikompostun topraktaki toplam N, P, dehidrogenaz aktivitesi ve mikrobiyal biyokütle-N'u ve patojen mikroorganizmalara karşı bitkinin dayanıklılığını artırdığını belirtilmiştir. Jat ve Ahlawat (2006) mısır yetiştiriciliği ile ilgili yaptıkları çalışmada 3t ha⁻¹vermikompost uygulamasının mısırın protein içeriği, kuru ağırlığı ve topraktaki N, P ve bakteri sayısını artırdığını tespit etmişlerdir. Durukan (2019), farklı dozlarda uyguladığı vermikompostun mısır bitkisinin gelişimine etkisini incelediği çalışmada vermikompost dozlarının tümünde Kontrole oranla P konsantrasyonunun arttığını tespit etmişlerdir. Özen ve Sönmez (2015) sera koşullarında yetiştirdikleri marul bitkisine dört farklı dozda vermikompost uygulaması yapmış ve artan vermikompost dozlarına bağlı olarak N, P, K içeriklerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Toprak içindeki pek çok biyokimyasal olay toprak canlıları, bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler aracılığıyla yürütülmektedir (Tabatabai, 1982). Toprak enzimleri toprağın biyolojik özellikleri ile yakın bir ilişki içinde olup, toprakta meydana gelen mineralizasyon olayında önemli bir rol üstlenmektedir (Frankberger ve Dick 1983; Tate 1987). Üreaz enzimi, toprakta N döngüsünde rol alan ve ürenin katalize edilmesinde çalışan önemli bir ekstraselüler enzimdir. Canlı organizmadan üretilmesine karşın hücre içinde faaliyet göstermediğinden dolayı intraselüler enzimlere nazaran kil kolloidal yapılar tarafından daha güçlü tutulmaktadır. Topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin artışına bağlı olarak üreaz enzim aktivitesi de artmaktadır (Bremner 1978). Frankberger vd. (1983) yaptıkları çalışmada organik maddesi yüksek atıkların ilk hafta topraktaki mikrobiyal aktivite faaliyetlerini artırdığını, kök bölgesinden uzaklaştıkça mikroorganizma faaliyet miktarının zamanla azaldığını belirtmişlerdir. Toprak fosfataz aktivitesinin temel kaynağının mikroorganizmalar olduğu ve rizosfer bölgesinde bu aktivitenin arttığı bilinmektedir (Tarafdar ve Junk 1987; Garcia vd. 1992; Xu ve Jhonsan 1995). Alkali fosfataz enziminin sebep olduğu organik fosfat çözünürlüğü P mineralizasyonu olarak tanımlanmakta ve toprak organik maddesindeki moleküllerin karbon yapısından ortofosfat radikallerini serbest hale getiren saprofit bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. β -Glikosidaz, karbon döngüsünde rol oynayan, CO₂'nin fotosentetik fiksasyonu ile sentezlenen biyokütlenin nerdeyse %50'si olan selülozun parçalanmasında anahtar rol oynayan bir enzim olmakla birlikte ayrıca toprak organik maddesindeki değişimlere en hızlı tepki veren enzimlerin de başında gelmektedir (Steger vd. 2010). Dehidrogenazlar intraselüler enzimler olduklarından dolayı, dehidrogenaz aktivitesi mikrobiyal aktivitenin ve organik maddenin oksidasyonunun iyi bir göstergesi olarak kabul görmektedir (Kop 2017). Durmuş ve Kızılkaya (2016) kambu çayı ve kambu çayı üretim artışı karışık mikroorganizma kültürleriyle orta derecede asitli ve orta derecede bazik topraklar üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada uygulama dozlarına bağlı olarak verim ve dehidrogenaz aktivitesinde artışların meydana geldiğini; bazik topraklarda daha yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi olduğunu belirlemişlerdir.

Rodriguez-Morgado vd. (2017), atık çamurundan fermantasyon sonucu elde ettikleri biyositümülantı toprağa uyguladıkları bir çalışmada dehidrogenaz enzim aktivitesinin önemli ölçüde yükseldiğini belirlemişlerdir. Vermikompost içerdiği mikroorganizma faaliyetleri sebebiyle toprağın enzim aktivitesini olumlu yönde etkileyen önemli bir organik gübre olarak değerlendirilmektedir.

Biyogübre, bitkilerle doğrudan ilişki geliştirebilen, bitkilerin beslenme ve büyüme süreçlerine doğal yollarla çare bulan ve menşei mikroorganizmalara dayanan ürünlerin tamamıdır. Başka bir tanımlamaya göre, tohum, bitki yüzeyi ve toprağa uygulandığında atmosferik azotu fikse eden, salgıladığı sekonder metabolitler sayesinde bitki gelişimini teşvik eden, elementlerin alınımını artıran, rizosferde kolonize olabilen, tarımsal üretimde kullanılmak üzere hazırlanmış canlı organizmalardan meydana gelen ticari formülasyonlar biyolojik gübre ya da mikrobiyal gübre olarak tanımlanmaktadır (Çakmakçı 2000). Son yıllarda en çok araştırılan konulardan biri olan PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), bitki gelişimini teşvik ettiği yapılan laboratuvar ve tarla denemeleriyle de kanıtlanmış tarımda biyolojik savaş ajanı veya biyogübre olarak kullanılan bakterileri kapsamaktadır. PGPR'lerin bitki gelişimine etkisi doğrudan ve dolaylı olmaktadır. Bu bakterilerin antibiyotik ve siderophor salgıları ile patojenik mikroorganizmaları kontrol altında tutması dolaylı olarak bitki gelişimini teşvik etmektedir. ACC deaminaz benzeri enzimlerin sentezi ile bitki hormon düzeylerinin ayarlanması, organik P mineralizasyonu ve inorganik P çözünürlüğünün artırılması ile P alınabilirliğinin sağlanması gibi mekanizmalarla bitki gelişimi doğrudan bakteriler tarafından etkilenmektedir (Sivan ve Chet 1992; Glick vd. 1998; Kumar ve Narula 1999; Whitelaw 2000). Bazı fosfat çözen bakterilerin aynı zamanda nitrojen fiksasyonunu da artırarak bitki gelişimine pozitif yönde etki sağladığı görülmüştür (Mac Dermant 1999). Fosfor çözen *Bacillus* spp gibi bakteriler bitki gelişimini teşvik etmekte ve aynı zamanda azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve demir (Fe) alımını artırmaya katkı sağlamaktadır (Whitelaw vd. 1997; Biswas vd. 2000a). Serbest yaşayan bakteriler besin kaynağı olarak topraktaki organik maddelerden yararlanmaktadır. Bununla birlikte uygun sulama işlemi yapılan sera koşullarında bakteri etkisinin daha fazla olması biyolojik gübrelerin mineral gübreye alternatif olabileceğini göstermektedir (Çakmakçı vd. 1999). Başlıca PGPR türleri daha çok *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine aittir (Çakmakçı 2005).

Çeşitli bakteri türleriyle yürütülen birçok çalışma bakterilerin salgıladıkları organik asitler ile inorganik fosforun çözünmesini artırıp alınabilir forma dönüştürdüğünü, minerallerin alımını artırdığını ve bitki gelişimini teşvik ettiğini göstermiştir (Kucey vd. 1989; Gadd 1999; Nautiyal vd. 2000; Kumar ve Narula 1999; Whitelaw 2000; Biswas vd. 2000a). Mikroorganizmaların organik asit benzeri salgılar yardımıyla inorganik fosfatı çözebildiği, fosfat çözücü bakteriler tarafından salgılanan en yaygın asitin glukonik asit olduğu, başlıca organik asit üretici fosfat çözücü bakteri cinslerinin *Pseudomonas* ve *Erwinia* olduğu rapor edilmiştir (Illmer ve Schinner 1992; Liu vd. 1992; Goldstein vd. 1993; Jones ve Darrah 1994).

Toprakta önemli düzeyde fosfat çözücü bakteri olmakla birlikte rizosfer bölgesindeki sayıları diğer bakterilerle rekabet edecek düzeyde değildir. Diğer bir deyişle, topraktaki mevcut bakteri düzeyi bitki gelişimi için yeterli gelmemektedir (Cattelan vd.

1999). Ortamdaki fosfor eksikliğinin bakterilerin fosfor çözüme isteğini pozitif yönde etkilediği ve mikrobiyal çözümlü esnasında ortam pH'nın düşürtüğü belirtilmiştir (Gyaneshwar vd. 1998; Nahas 1996).

Bakterilerin bitki gelişimine çok yönlü etkileri olmakla birlikte çoğu mikroorganizma P alımında olumlu etkiler yapmaktadır. Bakteri uygulaması yapılan mısır ve kanola bitkilerinin kök bölgesindeki mineral fosfatı çözdüğu ve bitki gelişimini arttırdığını (Chabolat vd. 1996), *Pseudomonas putida* 'nın bitki kök, gövde gelişimini pozitif yönde etkilediği ve kanolada P alımını arttırdığı (Lifshitz vd. 1987), *Brevibacillus brevis*, *Bacillus thuringiensis*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Lysinibacillus sphaericus* ve *Xanthomonas maltophilia* suşlarının çok iyi P çözebildiği (De Freitas vd. 1997), pirinç fidelerine yapılan *Azospirillum lipoferum* aşılamaıyla P oranı, kuru bitki ağırlığı ve kök uzunluğunun arttığı (Murty ve Ladha 1988) tespit edilmiş olup *Bacillus*, *Chryseomonas*, *Enterobacter*, *Kluyvera*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio* ve *Xanthobacter* cinslerine ait 13 bakterinin P çözebildiği belirlenmiştir (Vazquez vd. 2000). Bitki rizosfer bölgesinde yaşıyan pek çok bakteri fosfat çözümlülüğünü artırmanın yanı sıra Fe ve Zn gibi elementlerin de alımında olumlu etkiye sahiptir (Kucey vd. 1989).

Fosfat çözücü bakteri aşılamaının rizosferdeki doğal fosfat çözücü bakteri (PSB= phosphate solubilizing bacteria) sayısını ve şeker kamışındaki verimi artırırken, şeker kamışı için gerekli fosforlu gübre miktarını %25 azalttığı ortaya konulmuştur (Sundara vd. 2002). *Bacillus megaterium* aşılamaının fosfor alımı ve çimlenme oranını arttırdığı belirlenmiştir (Yadav ve Singh 1990). Darı, mısır, horozibiği, karabuğday, Fransız fasulyesinin tohumlarının fosfat çözüme yeteneğine sahip *Bacillus spp.* ile aşılamaı sonucu vejetatif gelişmenin arttığı tespit edilmiştir (Pal 1998).

Levyal ve Berthelin (1989), fosfat çözen bakterilerin kayın bitkisinde kök gelişimi ile birlikte P, Mg, Al, K ve Fe alımını arttırdığını ve gelişim süreçlerini teşvik ettiğini ortaya koymuşlardır. *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus circulans* ve *Cladosporium herbarum* ile buğday, *Enterobacter agglomerans* ile domates ve *Pseudomonas chlororaphi* ve *Pseudomonas putida* ile soya fasulyesi arasında olumlu PGPR etkileri ortaya konulmuştur (Kim ve vd. 1998; Cattelan vd. 1999; Singh ve Kapoor 1999, Kumar ve Narula 1999). Farklı bakteri türleri ile aşılama buğday veriminin *Azotobacter* ile % 30, *Bacillus* ile % 43, *Bacillus megaterium* ve *Azotobacter chroococcum* kombinasyonu ile % 10-20 oranında arttığı bildirilmiştir (Brown 1974; Kloepper vd. 1989). Jones ve Darrah (1994) yaptıkları çalışmada fosfor çözücü bakterilerle aşılama yapılan tohumlarının; toprakta fikse edilen fosforun, uygulanan fosfor gübresinin alınabilirliğini arttırdığını ve bitki gelişimini teşvik ettiği sonucuna ulaşmışlardır. Yadav ve Dadarval (1997) biyolojik gübre olarak fosfat bakterileri kullanımıyla tarımsal üretimin %10-15 civarında arttırdığını savunmuşlardır. Yine aynı çalışmada fosfor çözücü bakterilerin ortamın pH'sini düşürerek, topraktaki iyonları şelatlamak suretiyle; bitki büyüme ve düzenleyici hormonlar salgılayarak bitki gelişiminde de olumlu etkide bulduklarını tespit etmişlerdir.

Pseudomonas inokulasyonu, yazlık buğdayda hasat indeksi ve kök kuru ağırlığını ve şeker pancarında kök ve şeker verimini artırmış, ıspanakta ise gelişmeyi teşvik etmiştir (Germida ve Walley 1997; Çakmakçı vd. 2001; Urashima ve Hori 2003). *Pseudomonas putida* ve *Pseudomonas fluorescens* inokulasyonunun kanola, marul ve domateste kök ve

gövde uzamasını, patates, turp, pirinç, şeker pancarı, domates, marul, elma, turunçgil, bakla, süs bitkileri ve buğday verimini artırdığı belirlenmiştir (Suslov 1982; Kloepper vd. 1988; Lemanceau 1992; Kloepper 1994; Hall vd. 1996; Glick vd. 1997). *Azospirillum spp.* türüne ait bakteri aşılımlarının mısır, sorgum ve buğday bitkilerinde, *Bacillus spp.* türüne ait bakterilerin ise yarfıstığı, patates, sorgum ve buğday verimini önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir (Broadbent vd. 1977; Burr vd. 1978; Kapulnik vd. 1985; Capper ve Campbell 1986; Baldani vd. 1987; Sarig; vd. 1990).

Yakın tarihli yapılan çalışmalara örnek olarak; Çakmakçı ve Erdoğan (2005) fosfat çözen bakterilerin Mg alımını artırarak bitki gelişimini teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Turan vd. (2004) domates bitkisinde fosfat çözücü bakteri olan *Bacillus megatarium verim* ve fosfor alımı üzerine incelemesini yaptıkları çalışmada fosfat çözen bakterinin (*Bacillus megatarium*) bitkide verim ile fosfor, demir, çinko ve bakır alımını da artırdığını saptamışlardır. Çakmakçı (2005) fosfat çözücü bakteri olan *Bacillus spp.* türlerinin bitki gelişimine etkisini araştırdığı çalışmada bakteri uygulamalarının fosfor, potasyum, magnezyum ve demir alımını artırarak bitki gelişimini teşvik ettiğini bildirmiştir. Yağmur (2019) yaptığı çalışmada PGPR uygulamalarının K içeriğini artırdığını tespit etmiştir. Küçükyumuk vd. (2014) yaptıkları çalışmada vermikompost ve mikoriza uygulamasının biber bitkisinde Ca oranını artırdığını belirtmişlerdir. Yine başka bir çalışmada, Altuhaish vd. (2014) mikrobiyal gübrenin Ca üzerine etkisinin istatistiksel olarak fark oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Mikrobiyal gübreler ile ilgili yapılan bir çalışmada Lucy (2004) bitkinin azot içeriğini, Türkmen (2004) bitkinin fosfor içeriğini, Tüfenkçi vd. (2006) ise bitkinin magnezyum içeriğini olumlu etkilediğini bildirmişler. Khan (2005) yaptığı çalışmada *Pseudomonas* ve *Actinobacter* gibi PGPR bakterilerinin bitkinin Fe, Zn, Mg, Ca, K ve P içeriklerini artırdığını ortaya koymuştur.

Telek vd. (2019) tarafından kırmızıbiberde farklı PGPR bakterileri ile yapılan bir çalışmada, uygulanan PGPR izolatlarının yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni, yaprak yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Alpago (2019) kök bakterilerinin kıvrıcık marulda etkisini araştırdığı çalışmada bakteri uygulamasının yaprak sayısında gübre ve negatif (gübresiz ve bakterisiz) uygulamalarına göre başarılı olduğunu saptamıştır. Ergün (2020), PGPR ve sıvı vermikompost uygulamasının marul bitkisinin verimine etkisini araştırdığı çalışmada (PGPR- Sıvı Vermikompost) ortalama kök yaş uzunluğu üzerine etkisini istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Yıldız (2019) farklı baş salata çeşitlerinde PGPR bakteri uygulamalarının verim ve kaliteye etkisini araştırdıkları çalışmada PGPR bakterilerinin salata baş yüksekliğinin en yüksek kıvrıcık marul çeşidinde önemli bir fark tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Denemede kullanılan toprağa ait özellikler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının özellikleri

| | ÖZELLİK | DEĞERLENDİRME |
|--|------------------------|---------------|
| EC (1:2.5) ($\mu\text{S/cm}$) | 107.4 $\mu\text{S/cm}$ | Tuzsuz |
| pH (1:2.5) | 7.25 | Nötr |
| Kil (%) | 24 | Tınlı tekstür |
| Silt (%) | 38 | |
| Kum (%) | 48 | |
| Kireç (%) | 26.44 | Aşırı kireçli |
| Organik Madde (%) | 0.11 | Çok düşük |
| Toplam N (%) | 0.1183 | Yetersiz |
| P (ppm) | 16.9111 | Yeterli |
| K (ppm) | 48.87 | Çok düşük |
| Mg (ppm) | 262.3 | Yüksek |
| Ca (ppm) | 1071 | Düşük |
| Na (ppm) | 3.74 | Çok düşük |
| Fe (ppm) | 0.672 | Noksan |
| Mn (ppm) | 0.366 | Noksan |
| Cu (ppm) | 0.036 | Noksan |
| Zn (ppm) | 3.18 | Yeterli |
| Alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP saat}^{-1}$) | 17.95 | |
| β -Glikosidazaktivitesi ($\mu\text{g PNG saat}^{-1}$) | 12.48 | |
| Dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF saat}^{-1}$) | 0.18 | |
| Üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^{+-}\text{N saat}^{-1}$) | 3.36 | |
| Bakteri sayısı (kob g^{-1}) | 5×10^5 | |

3.1.1. Deneme alanı, deneme süresi

Bu çalışma kapsamında yapılan saksı denemesi, Akdeniz Üniversitesi kampüsü içerisindeki Ziraat Fakültesi Çiftlik arazisinde bulunan venlo tipi araştırma seralarında yürütülmüştür. Deneme süresi yaklaşık 81 (28 Şubat- 20 Mayıs 2020) gündür.

3.1.2. Test bitkisi, deneme ortamı, bakım işlemleri

Çalışmada, test bitkisi olarak ticari bir marul (*Lactuca sativa var. Crispa*) çeşidi olan caipira çeşidi kullanılmıştır. Ticari bir firmadan hazır olarak elde edilen fidelerin saksılara dikimleri yapılmıştır. Saksıda kullanılacak toprak Ziraat Fakültesi Çiftlik arazisindeki boş bir araziden elde edilmiştir. Bitkilerin gelişim aşamasında sulama ve diğer kültürel işlemler (çapa, sulama, bitki koruma önlemleri vb.) özenli bir şekilde yapılmıştır. Denli (2015) tarafından belirtildiği üzere marul yetiştiriciliğinde verilmesi

gereken saf besin maddesi miktarları 20 kg da⁻¹ N, 20 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 20 kg da⁻¹ K₂O şeklindedir. Buna göre marul bitkisinin ihtiyacı olan besin maddelerini karşılamak üzere tabana 25 kg da⁻¹ amonyum sülfat, 25 kg da⁻¹ kalsiyum nitrat, 30 kg da⁻¹ g potasyum nitrat sulama ile birlikte saksılara uygulanmıştır. Fosfat çözen bakterilerin etkinliğini görmek amacıyla fosforlu gübre uygulaması yapılmamış olup bakteri aşılması yapılarak bakterilerin topraktaki mevcut fosforu bitkinin kullanımına hazır hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan vermikompostun özellikleri

| ÖZELLİK | VERMİKOMPOST |
|---|-------------------|
| EC (1:2.5) (µS/cm) | 2590 |
| pH (1:2.5) | 6.67 |
| Organik Madde (%) | 51.3 |
| C/N | 12.4/1 |
| Toplam N (%) | 2.4 |
| P (ppm) | 13100 |
| K (ppm) | 9120 |
| Mg (ppm) | 17365 |
| Ca (ppm) | 70714 |
| Fe (ppm) | 19000 |
| Mn (ppm) | 390 |
| Cu (ppm) | 88 |
| Zn (ppm) | 260 |
| Alkali fosfataz aktivitesi (µg PNP saat ⁻¹) | 246.13 |
| β-Glikosidazaktivitesi (µg PNG saat ⁻¹) | 26.21 |
| Dehidrogenaz aktivitesi (µg TPF saat ⁻¹) | 4.15 |
| Üreaz aktivitesi (µg NH ₄ ⁺ -N saat ⁻¹) | 146.43 |
| Bakteri sayısı (kob g ⁻¹) | 1x10 ⁵ |

3.1.3. Deneme konusu ve deseni

Çalışma kapsamındaki saksı denemesi vermikompost ve vermikompost uygulanmış topraktan izole edilen fosfat çözen bakterilerin mikrobiyal gübre potansiyellerinin belirlenmesine yönelik olarak hazırlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak vermikompost ve vermikompost uygulaması yapılmış marul bitkisinin rizosfer bölgesinden alınan topraktan fosfat çözen bakteri izolatları elde edilmiştir. İzolasyon işlemi pikovskaya besi ortamında ekimi yapılan bakterilerin Şekil, renk ve boyut gibi morfolojik özelliklerinin yanı sıra hesaplanan SI (Solubisation Index = Çözünme İndeksi) değerlerine bakılarak yapılmıştır. İzole edilen izolatların tanımlanması 16S RNA gen dizi analizi ile yapılmıştır. SI değerlerine ve gen dizi analizlerine göre seçilen 5 izolat sıvı nutrient besi ortamında yetiştirilmiş olup elde edilen bakteri solüsyonları dikimden 1 hafta sonra 10 ml/bitki oranında ve birinci uygulamadan 7 gün sonra tekrar 10 ml/bitki oranında uygulanmıştır. Kontrol 1 uygulamasına sadece kimyasal gübre uygulaması yapılmış olup bakteri uygulaması yapılmamıştır. Kontrol 2 uygulamasında ise ne kimyasal gübreleme ne de bakteri aşılması yapılmamıştır. Deneme, tesadüf parselleri

deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve 7 deneme konusu olacak şekilde planlanmış ve toplamda 21 saksı içermiştir. Deneme konuları Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede yapılan uygulamalar ve içerikleri

| Uygulamalar | İçerik |
|-------------|---|
| Kontrol 1 | Bakterisiz, kimyasal gübre |
| Kontrol 2 | Bakterisiz, kimyasal gübresiz |
| PBV- A9 | Pseudomonas sp. JUNL-13 |
| PHB-A8 | Pseudomonas sp. BSP5 |
| PNB-B3 | Uncultured Pseudomonas sp. clone QL0ABY37ZC01 |
| PNB-B46 | Pseudomonas plecoglossicida strain IN88 |
| PHB-B35 | Uncultured bacterium clone N-118 |

3.1.4. Analizler için örnekleme şekli

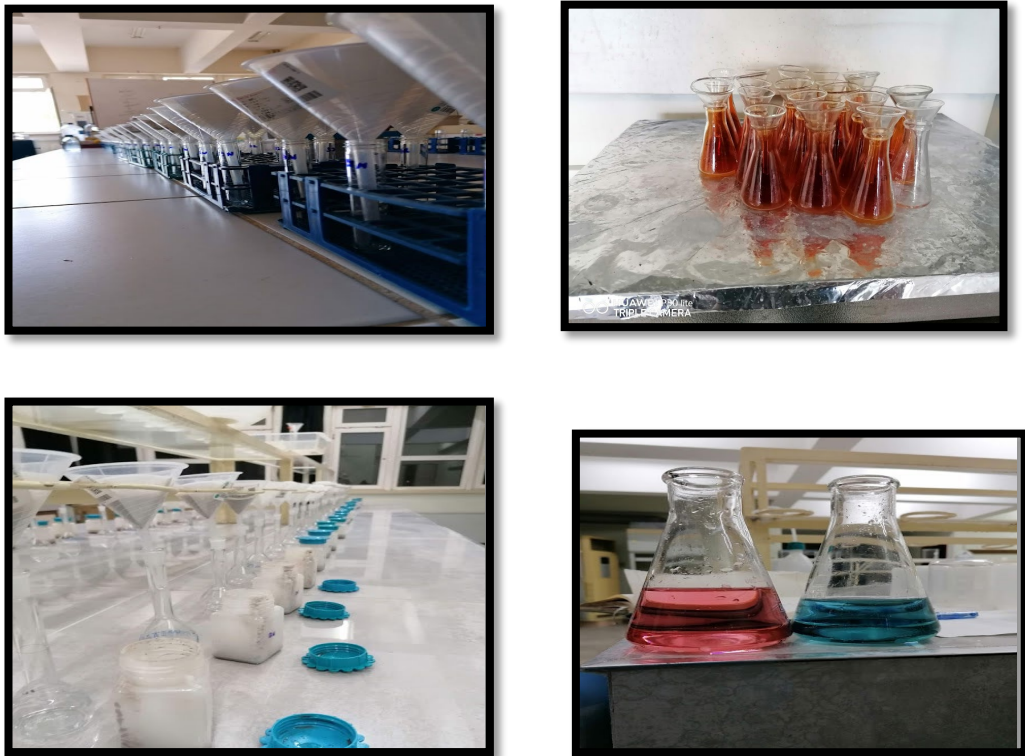
Deneme sonunda, hasat sırasında elde edilecek toprak örneklerinde hem biyolojik hem de kimyasal analizler, bitkide ise fiziksel ölçümler ve ardından kimyasal analizler yapılmıştır. Toprakta biyolojik analizler için her tekerrürden hem rizosfer dışı toprak hem de rizosfer bölgesi toprak örnekleri alınmıştır. Rizosfer dışı toprak örneği saksı içinden kök bölgesinden uzakta saksının tamamını kapsayacak oranda alınmıştır. Rizosfer toprağı örneği ise bitkinin saksıdan çıkartıldıktan sonra kök bölgesine (rizosfer) en yakın topraklar dikkatlice silkelenerek alınmış, kilitli poşetlere konularak laboratuvara getirilmiştir. Biyolojik analizlerde kullanılacak topraklar +4°C’de saklanacak ve çok beklemeden yaş olarak analizlere tabi tutulmuştur. Makro ve mikro besin element analizleri ve pH ile EC ölçümleri için ayrılan topraklar ise kurutulduktan sonra analize hazır hale getirilmiştir. Son olarak, bitki örneklerinde fiziksel ölçümler ve kimyasal analizler için deneme sonunda her tekerrürden bitkiler sökülerek bunlarda fiziksel ölçümler yapıldıktan sonra kökler uzaklaştırılarak geriye kalan yeşil aksam tamamı ile analize tabi tutulmuştur.

3.1.5. Örnekleme zamanı ve örnek sayısı

Denemesi sonunda 21 rizosfer dışı, 21 rizosfer bölgesi toprağı olmak üzere toplamda 42 adet toprak örneğinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler yapılmıştır. Ayrıca hasat sonunda bitkide fiziksel kalite parametre ölçümleri ve rutin kimyasal analizler de yapılmıştır.



Şekil 3.2. Denemelerin arazi uygulamalarına ait genel görünüm



Şekil 3.3. Laboratuvar uygulamalarına ait genel görünüm

3.2. Metot

3.2.1. Biyolojik analizler

Bakterilerin inorganik fosfatı çözüme yetenekleri Pikovskaya (1948) tarafından belirtilen yöntemle göre katı besiyerine (10 g glikoz, 2.5 g Ca₃(PO₄), 0.5 g (NH₄)₂SO₄, 0.1 g Mg SO₄.7H₂O, 0.5 g Yeast extract, 0.2 g KCl, 0.2 g NaCl, 0.002 g FeSO₄.7H₂O, 0.002 g MnSO₄.7H₂O, pH =7, 1000 ml saf su) bakterilerin nokta inokulasyonu şeklinde yapılmıştır. 10 g toprak, yaklaşık 15 dakika boyunca 90 ml sterilize distile su ile iyice karıştırılmış ve bu süspansiyondan %0.85 tuz çözeltisi kullanılarak seri seyreltme yapılmıştır. Seyreltme işlemi yapılan tüplerden 100 µl Pikovskaya agar ortamına aktararak yayılmış ve 7 gün boyunca 30 ± 2 °C'de inkübe edilmiştir. Etraflarında net berrak bir bölge (halo zone) gösteren koloniler saflaştırılmak üzere seçilmiştir (Pikovskaya, 1948; Somasegaran P vd. 1994). Seçilen koloniler nutrient agar katı ortamına çizilerek saflaştırma işlemine tabii tutulmuştur. Saflaştırma işlemi üç kez tekrarlanmıştır. Çözünme İndeksi, aşağıdaki formül kullanılarak ölçülmüştür (Edi-Premono vd. 1996).

Koloni çapı + Halo zone çapı

$$SI = \frac{\text{Koloni çapı + Halo zone çapı}}{\text{Koloni çapı}}$$

Koloni çapı

SI değeri hesaplanan bakterilerin morfolojik özellikleri de dikkate alınarak en yüksek SI (çözünürlük indeksi) değerine sahip olan 10 adet bakteri hizmet alımı kapsamında dizi analizine gönderilmiştir. İnkübasyon sonunda bakteri içeren besi ortamından alınan 500 µl süspansiyon 500 µl gliserol (%50) ile karıştırılarak daha ilerde yapılacak analizlerde kullanılmak üzere -86°C' de saklanmıştır. SI değerlerine göre seçilen 5 adet bakteri izolatının sıvı besin ortamına (nutrient broth) ekimi yapılmıştır ve 28 °C ve 95 rpm'de 1 gün inkübasyona bırakılmıştır.

3.2.1.1. Üreaz aktivitesi

Üreaz aktivitesinin belirlenmesinde kapaklı kavanozlara 10 g toprak örneği tartılmıştır, tartılan örneğin üzerine sırasıyla 0.2 ml toluen, 7.5 ml sitrat tampon çözeltisi ve 10 ml üre çözeltisi eklenip çalkalanmıştır. 3 saat boyunca 37 °C de inkübasyona bırakılmıştır. Ardından son hacim 37 °C de ki distile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. İnkübasyondan çıkarılan süspansiyon mavi bantlı filtre kâğıdı yardımıyla süzölmüş ve elde edilen süzükten 1 ml alınarak üzerine sırasıyla 10 ml saf su, 4 ml sodyum fenolat ve 3 ml sodyum hipoklorit ilave edilmiştir. Açığa çıkan amonyum 578 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Hoffman ve Teicher 1961).

$$\text{Üreaz aktivitesi } (\mu\text{g NH}_4^+\text{N g}^{-1}\text{ kuru toprak saat}^{-1}) = (Cx V \times S) / (dwt \times SW \times T)$$

Formüldeki kısaltmaların anlamları sırasıyla şu şekildedir; C: Hesaplanan NH_4^+ N konsantrasyonu, dwt: 1 g nemli toprağın kuru ağırlığı, V: Toprak çözeltisinin son hacmi, SW: Tartılan toprak ağırlığı (g), T: inkübasyon süresi (saat), S: seyreltme faktörü

3.2.1.2. Alkali Fosfataz aktivitesi

Fosfataz aktivitesinin belirlenmesi için tartılan 1 g toprak örneğine sırasıyla 0.2 ml tolüen, 4 ml MUB ve substrat olarak aynı tamponla hazırlanmış 1 ml p-nitrofenil fosfat eklenmiştir. Hazırlanan bu süspansiyon 37 °C'de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi tamamlanan karışıma sırasıyla 1 ml 0.5 M CaCl_2 ve 4 ml 0.5 M NaOH eklenip mavi bantlı filtre kâğıdından süzölmüştür. Oluşan sarı renk yoğunluğu 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçölmüştür. Süzöğün p-nitrofenol (PNP) içeriğı saf p-nitrofenol ile hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespiti yapılmıştır. Fosfataz enzim aktivitesi yukarıda üreaz için verilen formöl ile hesaplanmış ancak sonuçlar “ $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹” olarak verilmiştir (Tabatabai ve Bremner 1969).

3.2.1.3. β - Glikosidaz aktivitesi

β -Glikosidaza aktivitesini ölçmek üzere kapaklı şişelere 1 g toprak tartılmıştır. Üzerine 0.2 ml tolüen, 4 ml MUB ve 1 ml PNG çözeltisi eklenip 37 °C de 1 saatlik inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonu tamamlanan örnek üzerine sırasıyl 1 ml 0.5 M CaCl_2 ve 4 ml 0.1 M tampon çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışım mavi bantlı filtre kağıdından süzölmüştür. Süzük sonrası oluşan sarı renk yoğunluğu 410 nm dalga boyunda spektrofotometre de ölçölmüştür. Filtratın p-nitrofenol (PNP) içeriğı saf p-nitrofenolle hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. β -Glikosidaz aktivitesi üreaz için verilen formöl yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar “ $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹” olarak ifade edilmiştir (Eivazi ve Tabatabai 1988).

3.2.1.4. Dehidrogenaz aktivitesi

Dehidrogenaz aktivitesini ölçmek üzere kapaklı cam şişelere 5 g nemli toprak tartılmış ve üzerine 5 ml TTC çözeltisi eklenmiştir. Şişelerin ağız kapatılarak 30 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. 24 saatlik inkübasyonunu tamamlayan çözeltilerin üzerine 40 ml aseton eklenerek 2 saat ışık almayan bir ortamda bekletilmiştir. Elde edilen süspansiyonu mavi bantlı filtre kâğıdından süzölmüştür. Ortaya çıkan kırmızı tonlarındaki renk yoğunluğu spektrometrede 546 nm'de ölçölmüştür. Süzöğün TPF içeriğı TPF standart çözeltisinden hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Dehidrogenaz aktivitesi aşağıdaki formöle göre hesaplanmıştır. Sonuçlar “ $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak” olarak ifade edilmiştir (Thalman 1968).

$$\text{Dehidrogenaz aktivitesi } (\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{ kuru toprak}) = [C(\text{TPF}) \times V] / [\text{dwt} \times \text{SW}]$$

Burada C(TPF): Hesaplanan TPF konsantrasyonu, V: Toprak çözeltisinin son hacmi, dwt: 1g nemli toprağın kuru ağırlığı, SW: Tartılan nemli toprağın ağırlığı

3.2.1.5. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Toplam bakteri sayımında, kültürel sayım yöntemi olan seyreltme- plak yöntemi kullanılmıştır. Önce seri seyreltme işlemi gerçekleştirilmiş ve her bir seyreltme tüpünden

yaklaşık 100 µl alınarak nutrient agar bulunan petri kaplarına yayma işlemi yapılmıştır. Bu besi ortamı 50 mg/ L⁻¹ düzeyinde cycloheximide (antifungal) içermektedir. Ekim yapılan petri kapları 28 °C de 3 gün inkübe edilmiştir. 30-300 koloni bulunan petrilere koloni sayımı yapılarak bakteri sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. (Parkinson vd. 1971)

Bakteri sayısı (kob g⁻¹ kuru toprak) = (koloni sayısı) x (seyreltme) x (petriye aktarılan çözelti miktarı)

3.2.2. Kimyasal analizler

Deneme sonunda alınan toprak örneklerinden (21 rizosfer dışı 21 rizosfer toplamda 42 toprak) rutin makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır. Hasat zamanı alınan bitki örneklerinde ise bitki besleme durumlarını ortaya koyan toplam makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır. Bitki ve toprak örneklerinde yapılan kimyasal analizlerin ayrıntılarına aşağıda yer verilmiştir.

3.2.2.1 Toprakta verimlilik analizleri

Bünye Bouyoucos hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos 1951), kireç Schibler kalsimetresine göre (Çağlar 1949), organik madde Modifiye Walkey- Black yöntemine göre (Black 1965), pH ve EC 1:2.5 toprak : su karışımında Jackson (1967)'ye göre, toplam azot modifiye Kjeldal yöntemine göre (Kacar 1995), alınabilir fosfor ise Olsen metoduna göre (Olsen ve Sommers 1982), değişebilir K,Ca, ve Mg 1N Amonyum asetat (pH 7) metoduna göre (Kacar 1955), alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn DTPA ekstraksiyon metoduna göre (Lindsay ve Norvell 1978) belirlenmiştir. Ekstrakte edilen makro ve mikro bitki besin elementlerinin belirlenmesinde indüktif eşleşmiş plazma (ICP) cihazı kullanılmıştır.

3.2.2.2 Bitkide makro-mikro besin elementi analizleri

Bitkideki makro- mikro besin elementi analizleri deneme sonunda bitki örnekleri hasat edilip, laboratuvar ortamında yıkanıp, sonra kese kâğıtlarına konularak ağızları açık olacak biçimde 70°C'de havalandırmalı kurutma dolabında kurutma işlemine bırakılmıştır. Daha sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Bitki örneklerinde toplam azot modifiye Kjendahl yöntemine göre belirlenmiştir. Bitkide toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu miktarı ise yaş yakma sonucu elde edilen süzükte ICP ile okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

3.2.3 Fiziksel ölçümler: marul verimi ve kalite parameteleri

Deneme sonunda hasadı yapılan bitki örneklerinde kalite parametreleri olan baş uzunluğu(cm), kök boğazı çapı (cm), yaprak genişliği(cm) ve yaprak sayısı(adet) ölçülmüştür. Bu ölçme işleminde kumpas, cetvel ve tartım aletlerinden yararlanılmıştır.

3.3.İstatiksel Analizler

Araştırma sonuçları SPSS17.0 paket programı kullanılarak istatiksel olarak analiz edilmiştir. Bu çerçevede hasat sonunda elde edilen sonuçların varyans analizlerinin önemlilik düzeyleri (%5) önemli bulunan sonuçlar duncan ikili karşılaştırma testi ile

harflendirilerek derecelendirilmiş ve pearson korelasyon testi ile sonuçların birbiri ile ilişkileri ortaya konulmuştur (SPSS 2008).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Saksı denemesinde kullanılan bakteri izolatlarına ait SI değerleri, 16 rDNA dizi sonuçları ve benzerlik oranları Çizelge 4.1'de gösterildiği gibidir. Bakteri seçimi pikovskaya agar ortamında morfolojik açıdan farklılık gösteren özelliklere (renk, boyut, Şekil vb.) göre yapılmıştır. Seçilen bakteriler yine pikovskaya agar ortamında nokta inokulasyonu yapılarak çevresinde oluşturdukları berrak aydınlık alan ölçülmüş ve seçilecek bakterilere karar verilmiştir. Saksı denemelerinde kullanılmak üzere 5 bakteri izolatu (PNB-B46, PNB-B3, PHB-B35, PHB-A8 ve PBV-A9) seçilmiştir.

Çizelge 4.1. Uygulamalara ait bakteri izolatlarının SI değerleri, 16S r DNA dizi sonuçları ve benzerlik oranları

| İzolat | SI Değeri | Bakterilerin 16S rDNA Dizileme Sonuçları | Benzerlik Yüzdeleri |
|-----------|-----------|--|---------------------|
| PNB-B46 | 3 | Pseudomonas plecoglossicida strain IN88 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 98 |
| PNB-B3 | 3.6 | Uncultured Pseudomonas sp. clone QL0ABY37ZC01 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 97 |
| PHB-B21 | 3 | Pseudomonas sp. BSP5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 98 |
| PHB-B35 | 4.75 | Uncultured bacterium clone N-118 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 99 |
| PHB-A8 | 6 | Pseudomonas sp. BSP5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 97 |
| PBV-A9 | 6.33 | Pseudomonas sp. JUNL-13 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 98 |
| PNB-B49-I | 2.8 | Pseudomonas plecoglossicida strain RB28 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 96 |
| PHB-B41-2 | 3 | Pseudomonas sp. BSP5 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 99 |
| PHB-B35-I | 4.5 | Uncultured Pseudomonas sp. clone QL0ABY37ZC01 16S ribosomal RNA gene, partial sequence | 98 |

SI: Solubization Index / Çözünme İndeksi

4.1. Topraktaki Enzim Aktiviteleri

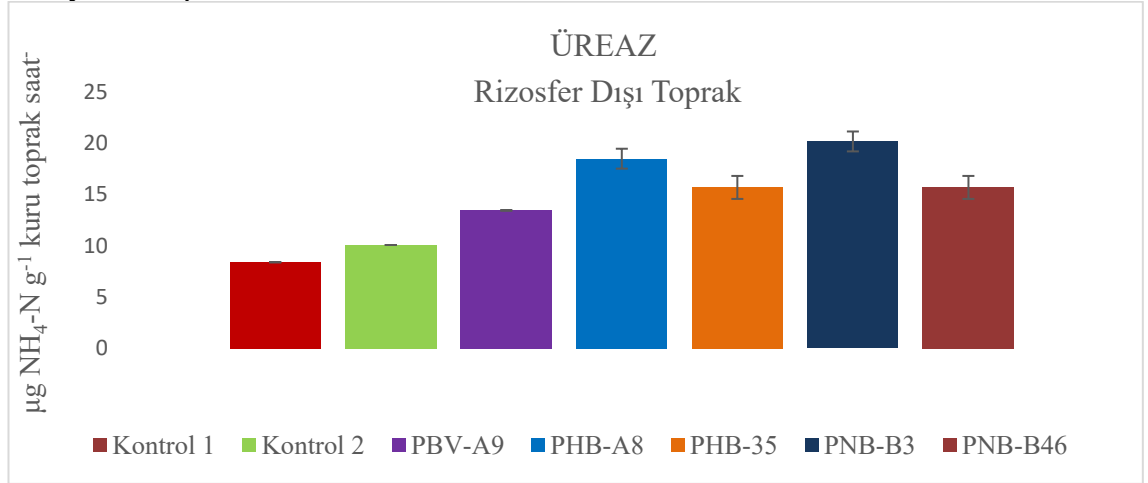
Tez çalışması kapsamında alınan toprak örnekleri rizosfer dışı toprak ve rizosfer toprağı olmak üzere iki farklı açıdan incelenmiş ve elde edilen değerler standart sapma ve hata çubuklarıyla grafiklerde ve ayrıca çizelgeler şeklinde gösterilerek yorumlanmıştır.

4.1.1. Üreaz enzim aktivitesi

Rizosfer Dışı Toprak

Deneme sonunda alınan rizosfer dışı toprak örneklerine ait üreaz enzim aktivite değerleri Şekil 4.1. de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi en yüksek üreaz enzim aktivite değeri PHB-A8 (18.49 N g NH₄⁺ N g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹), PNB-B3 (20.17 N g NH₄⁺ N g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarında gözlemlenirken en düşük üreaz enzim aktivite değeri Kontrol 1 (8.40 N g NH₄⁺ N g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında gözlenmiştir. Bu veriler Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi istatistiki açıdan %0.1 önem

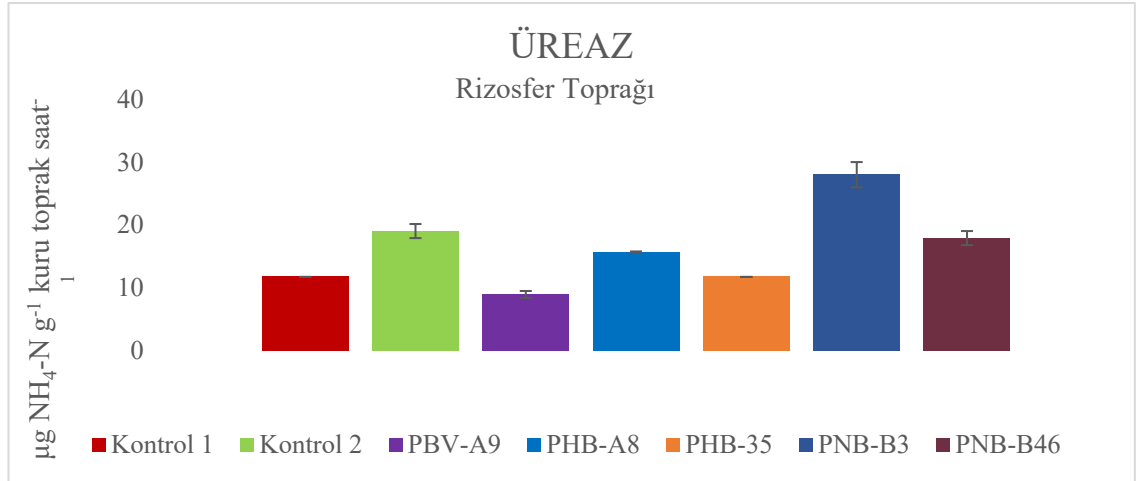
düzeyine sahiptir.



Şekil 4.1. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Üreaz Enzim aktivitesi üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerine ait üreaz enzim aktivitesi sonuçları Şekil 4.2. de gösterilmiştir. En yüksek üreaz enzim aktivitesi PNB-B3 (25.77 N g NH₄⁺ N g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında gözlemlenirken en düşük üreaz enzim aktivitesine sahip uygulama PBV-A9 (8.96 N g NH₄⁺ N g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹) izolatu yapılmış toprakta gözlemlenmiştir. Uygulamalar Çizelge 4.3'de de görüldüğü gibi istatistiksel açıdan %0.1 oranında önemli bulunmuştur.



Şekil 4.2. Uygulamaların rizosfer toprağında Üreaz Enzimi üzerine etkileri

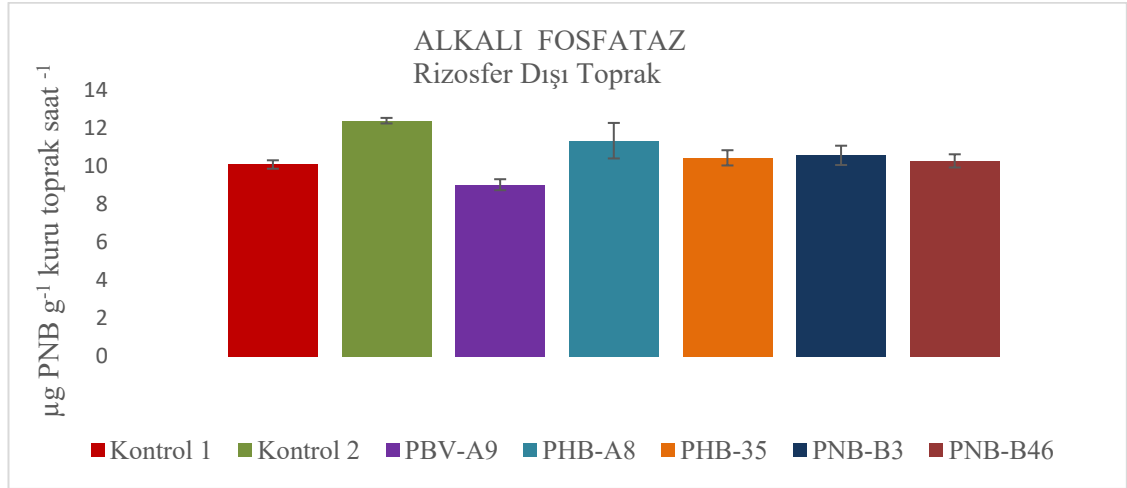
Üreaz enzimi, toprakta N döngüsünde rol alan ve ürenin katalize edilmesinde çalışan önemli bir ekstraselüler enzimdir. Canlı organizmadan üretilmesine karşın hücre içinde faaliyet göstermediğinden dolayı intraselüler enzimlere nazaran kil kolloidal yapılar tarafından daha güçlü tutulmakta dolayısıyla alınımı daha zordur. Topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin artışına bağlı olarak üreaz enzim aktivitesi de artmaktadır (Bremner 1978). Frankberger vd. (1983) yaptıkları çalışmada organik maddesi yüksek atıkların ilk hafta topraktaki mikrobiyal aktivite faaliyetlerini artırdığını, kök bölgesinden

uzaklaştıkça mikrobiyal faaliyetin zamanla azaldığını belirtmişlerdir. Uygulanan bakteri izolatlarından PNB-B3 izolatı hem rizosfer dışı toprakta hem de rizosfer toprağında en yüksek üreaz enzim aktivitesine sahip uygulama olmuştur. Rizosfer toprağındaki üreaz enzim aktivitesinin rizosfer dışı topraktaki aktiviteye göre daha yüksek olmasının bu izolatın rizosfer bölgesindeki etkinliğinin daha fazla olmasından, diğer bir ifade ile diğer izolatlara göre bu ortama daha iyi uyum sağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmamızda aldığımız bu sonuçlar Bremner (1978) ve Frankberger (1983)'ün yaptığı çalışmalarda elde sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

4.1.2. Alkali fosfataz enzim aktivitesi

Rizosfer Dışı Toprak

Saksı denemesinden alınan rizosfer dışı topraklara ait alkali fosfataz enzim aktivite verileri Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Uygulamalar arasındaki değerler yakın olmakla birlikte en yüksek alkali fosfataz aktivite değeri Kontrol 2 ($12.38 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ve PHB-A8 ($11.32 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarında gözlenirken en düşük değer PBV-A9 ($9.02 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark istatistiki açıdan %1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.2).



Şekil 4.3. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alkali Fosfataz enzimi aktivitesi üzerine etkileri

Çizelge 4.2. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Üreaz, Alkali Fosfataz, β -Glikosidaz, Dehidrogenaz enzim aktiviteleri ve Mezofilik – Aerobik bakteri sayıları üzerine etkileri

| Uygulamalar | Üreaz ($\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | Alkali Fosfataz ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | β -Glikosidaz ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | Dehidrogenaz ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | Mezofilik Aerobik bakteri (kob g ⁻¹ kuru toprak (x10 ⁵)) |
|---------------------------|--|---|--|---|---|
| Kontrol 1 | 8.400c | 10.080bc | 13.440b | 0.180de | 5.00 |
| Kontrol 2 | 10.080c | 12.386a | 12.000c | 0.133e | 4.66 |
| PBV-A9 | 13.450b | 9.023c | 14.240ab | 1.426a | 4.00 |
| PHB-B35 | 15.690b | 10.430bc | 11.613c | 0.516c | 4.33 |
| PNB-B46 | 15.690b | 10.270bc | 13.343b | 0.306d | 5.00 |
| PHB-A8 | 18.490a | 11.326ab | 15.368a | 1.426b | 4.33 |
| PNB-B3 | 20.170a | 10.560bc | 13.406b | 0.163de | 7.67 |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | | | |
| | 28.890*** | 4.950*** | 9.544*** | 85.470*** | Ö.D. |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

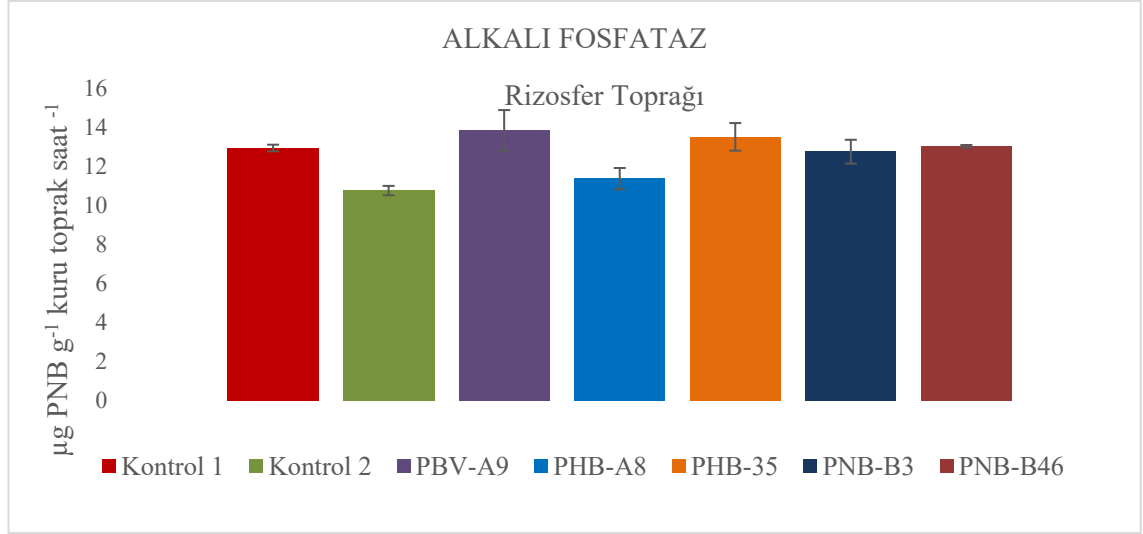
** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

Ö.D. : Önemli değil.

Rizosfer Toprağı

Saksı denemesinden alınan rizosfer toprağı örneklerine ait veriler Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Uygulamaların alkali fosfotaz aktivite değerleri birbirine çok yakın olmakla birlikte PBV-A9 ($13.82 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), PHB-35 ($13.50 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), PNB-46 ($13.02 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), Kontrol1 ($12.92 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ve PNB-B3 ($12.73 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) en yüksek değere sahip iken Kontrol 2 uygulaması ($10.75 \mu\text{g PNB g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) en düşük aktivite değerini göstermiştir. Uygulamalar arasındaki fark %5 düzeyinde önemli bulunmuştur Çizelge (4.3).



Şekil 4.4.Uygulamaların rizosfer toprağında Alkali Fosfatase enzim aktivitesi üzerine etkileri

Toprak fosfatase aktivitesinin temel kaynağının mikroorganizmalar olduğu ve rizosfer bölgesinde bu aktivitenin arttığı bilinmektedir (Taraftar ve Junk 1987, Garcia vd. 1992, Xu ve Jhonsan 1995). Alkali fosfatase enziminin sebep olduğu organik fosforun alınabilir forma dönüştürülmesi P mineralizasyonu olarak tanımlanmakta ve toprak organik maddesindeki moleküllerin karbon yapısından ortofosfat radikallerini serbest hale getiren saprofit bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Kim vd (1998) tarafından yapılan çalışmada domates bitkisinin yetiştirildiği toprağa fosfor çözücü olarak *Entorobacter agglomerans* ve mikoriza mantarlarından *Glomus etinucatum* uygulamaları yapılmış ve tek başına mikoriza mantarı ve bakteri uygulaması ile alkali fosfatase aktivitenin daha fazla arttığı belirlenmiştir. Huadan vd. (2020) Rs198LBF izolatını uyguladıkları bir çalışmada bu uygulamanın topraktaki alkali fosfatase aktivitesine pozitif katkıda bulunduğunu rapor etmişlerdir. Rizosfer dışı topraktaki bakteri izolatlarının alkali fosfatase enzimi üzerine etkileri birbirine yakın sonuçlar verirken bakteri izolatları içinde en yüksek sonucu PHB-A8 uygulaması vermiştir. Rizosfer toprağında ise PBV-A9, PHB-B35, PNB-B46 ve PNB-B3 izolatlarının topraklardaki alkali fosfatase aktivitesini pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Rizosfer toprağının kimyasal özellikleri bakımından incelendiğinde PBV-A9 ve PNB-B46 uygulamalarındaki P oranının yüksek çıkması bakteri etkinliğinin toprağın P oranına da olumlu etkisi olduğunu göstermiştir. Kontrol 1 uygulamasında da kimyasal gübreleme işleminin topraktaki enzim aktivitesini olumlu etkilediği gözlemlenirken, bakteri ve kimyasal gübre uygulaması yapılmayan Kontrol 2 uygulamasında pozitif bir değişim olmamıştır. Elde edilen bu sonuçlar daha önce Kim vd (1988) ve Huadan vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4. 3. Uygulamaların rizosfer toprağında Üreaz, Alkali Fosfataz, β -Glikosidaz, Dehidrogenaz enzim aktiviteleri ve Mezofilik – Aerobik bakteri sayıları üzerine etkileri

| Uygulamalar | Üreaz ($\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | Alkali Fosfataz ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | β -Glikosidaz ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | Dehidrogenaz ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) | Mezofilik - Hetetrofik Bakteri (kob g ⁻¹ kuru toprak (x10 ⁵)) |
|---------------------------|--|---|--|---|---|
| Kontrol 1 | 11.760cd | 12.926ab | 18.783a | 0.161cd | 6.00c |
| Kontrol 2 | 19.050b | 10.750c | 15.967b | 0.102d | 4.00d |
| PBV-A9 | 8.960d | 13.823a | 19.326a | 0.176cd | 6.33c |
| PHB-B35 | 11.760cd | 13.503a | 20.416a | 0.205cd | 8.66b |
| PNB-B46 | 17.930b | 13.023ab | 21.150a | 0.338ab | 10.33ab |
| PHB-A8 | 15.690bc | 11.360bc | 19.646a | 0.382a | 4.00d |
| PNB-B3 | 25.770a | 12.736ab | 21.506a | 0.250bc | 1.166a |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | | | |
| | 14.429*** | 3.724* | 5.078** | 6.346** | 26.030*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

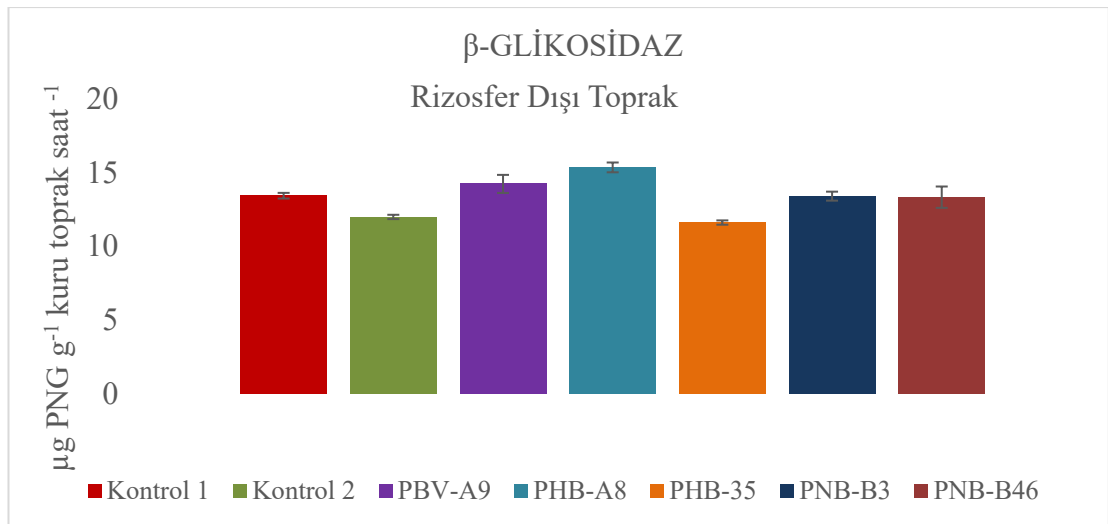
** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

4.1.3. β - glikosidaz enzim aktivitesi

Rizosfer Dışı Toprak

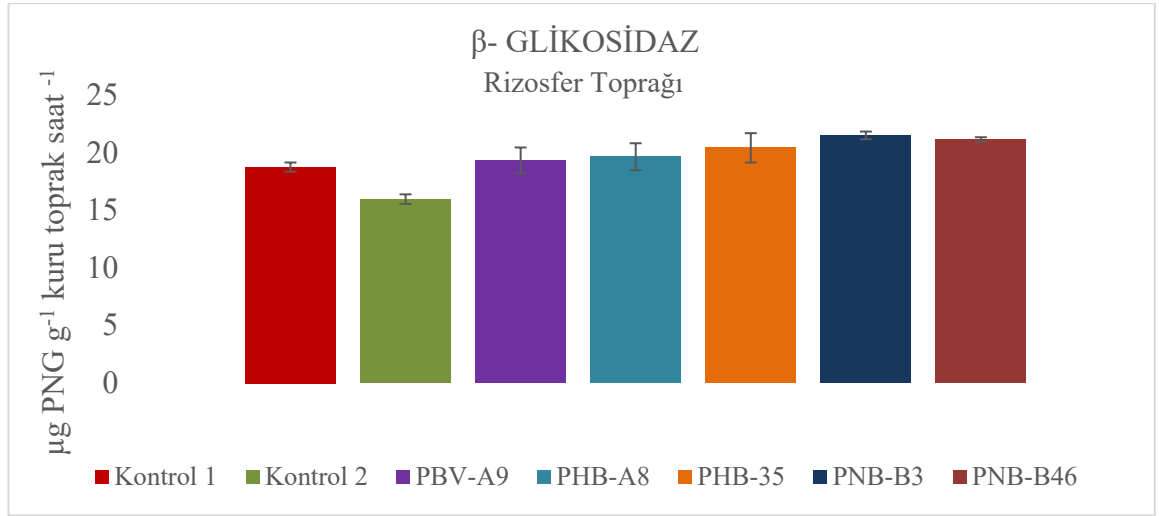
Saksı denemesinden alınan rizosfer dışı toprak örneklerine ait β – Glikosidaz aktivitesi verileri Şekil 4.5’de verilmiştir. Uygulamalar arası değerler birbirine yakın olsa da en yüksek değerler PHB-A8 (15.06 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ve PBV-A9 (14.24 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarında gözlenirken en düşük değer Kontrol 2 (12.00 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında bulunmuştur. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere uygulamalar arasında %0.1 düzeyinde önemli bir fark gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta β -Glikosidaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Saksı denemelerinden alınan topraklardaki uygulamaların rizosfer toprağı üzerine etkileri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde β -Glikosidaz enzim aktivitesini en çok artıran uygulamalar sırasıyla PNB-B3 ($21.50 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), PNB-B46 ($21.15 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), PHB-B35 ($20.41 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), PHB-A8 ($19.64 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹), PBV-A9 ($19.32 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ve Kontrol 1 ($18.78 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamaları olurken Kontrol 2 uygulamasının enzim aktivitesi üzerine olumlu bir etkisi olmamıştır. Uygulamalar arasında %1 oranında önemli bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.3).



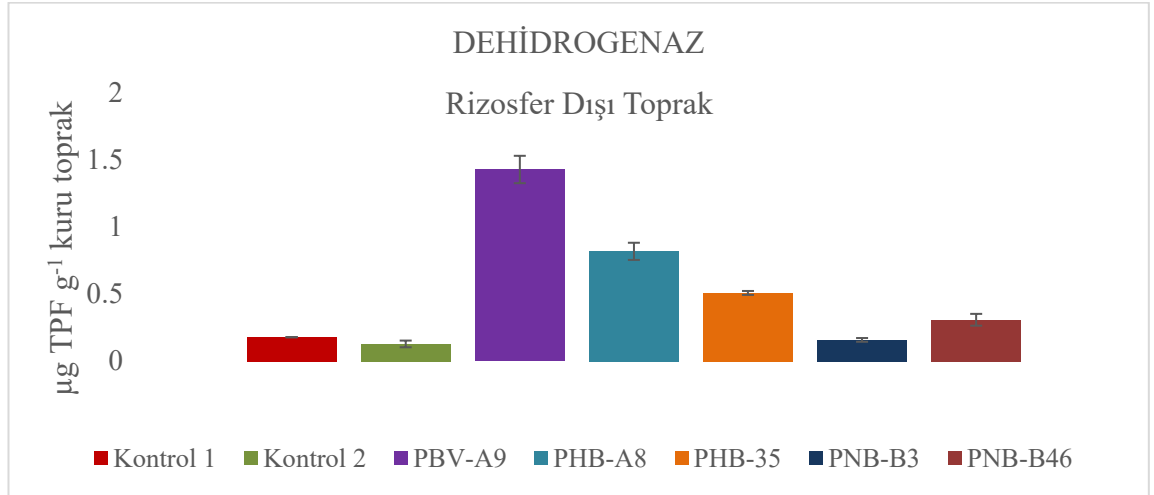
Şekil 4.6. Uygulamaların rizosfer toprağında β -Glikosidaz enzimi aktivitesi üzerine etkileri

β -Glikosidaz, karbon döngüsünde rol oynayan, CO₂'nin fotosentetik fiksasyonu ile sentezlenen biyokütle'nin neredeyse %50'si olan selülozun parçalanmasında anahtar rol oynayan bir enzim olmakla birlikte ayrıca toprak organik maddesindeki değişimlere en hızlı tepki veren enzimlerin de başında gelmektedir (Steger vd. 2010). Haktanır (1973) β -Glikosidaz enzim aktivitesinin pH ile yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir. Yapılan çalışmada rizosfer dışı toprak ve rizosfer toprakları incelendiğinde PHB-A8 ve PBV-A9 izolatlarının her iki ortamda da etkinliğini koruyarak en yüksek enzim aktivitelere sahip olduğu tespit edilmiştir. Rizosfer toprağı incelendiğinde ise bu iki izolata ek olarak PNB-B3, PNB-B46, PHB-B35 ve Kontrol 1 uygulamalarının da β -Glikosidaz enzim aktivitesini artıran uygulamalar olduğu görülmüştür. Steger vd. (2010)'nın da bahsettiği gibi toprak organik maddesindeki değişimlere daha hızlı tepki verdiği, Haktanır (1973) izolat etkinliklerinin pH değişimleri ile ilişkili olduğu görülmüştür. Kontrol 2 uygulamasına göre bu altı uygulamanın rizosfer bölgesindeki β -Glikosidaz enzim aktivitesinin yüksek oluşunu tabana verilen ilk gübrelemeden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

4.1.4. Dehidrogenaz enzim aktivitesi

Rizosfer Dışı Toprak

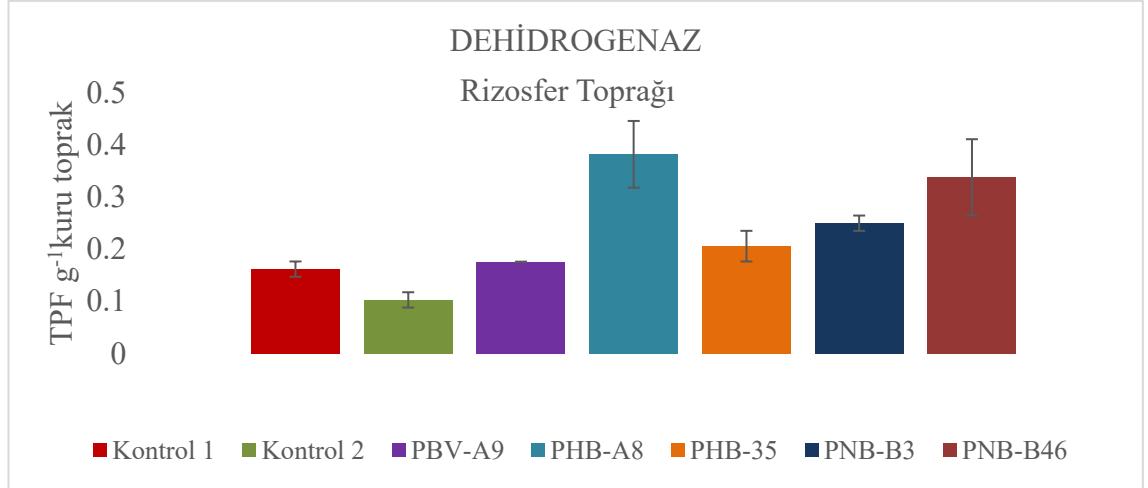
Saksı denemesinden alınan rizosfer dışı toprak örneklerine ait veriler Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Şekle bakıldığında dehidrogenaz enzim aktivitesi en yüksek PBV-A9 (1.42 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) uygulamasında gözlenmiş olup en düşük değer ise Kontrol 2 (0.13 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) uygulamasında elde edilmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere uygulamalar arasındaki farklılık %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.7.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Saksı denemesinden alınan rizosfer toprağı örneklerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkisine ait veriler Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Şekildeki verilerden de görüldüğü üzere en yüksek değerler PHB-A8 (0.38 TPF g^{-1} kuru toprak) ve PNB-B46 (0.33 TPF g^{-1} kuru toprak) uygulamalarında olup en düşük değer ise Kontrol 2 (0.10 TPF g^{-1} kuru toprak) uygulamasında gözlemlenmiştir. Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere uygulamalar arası önem derecesi %0.1 düzeyindedir.



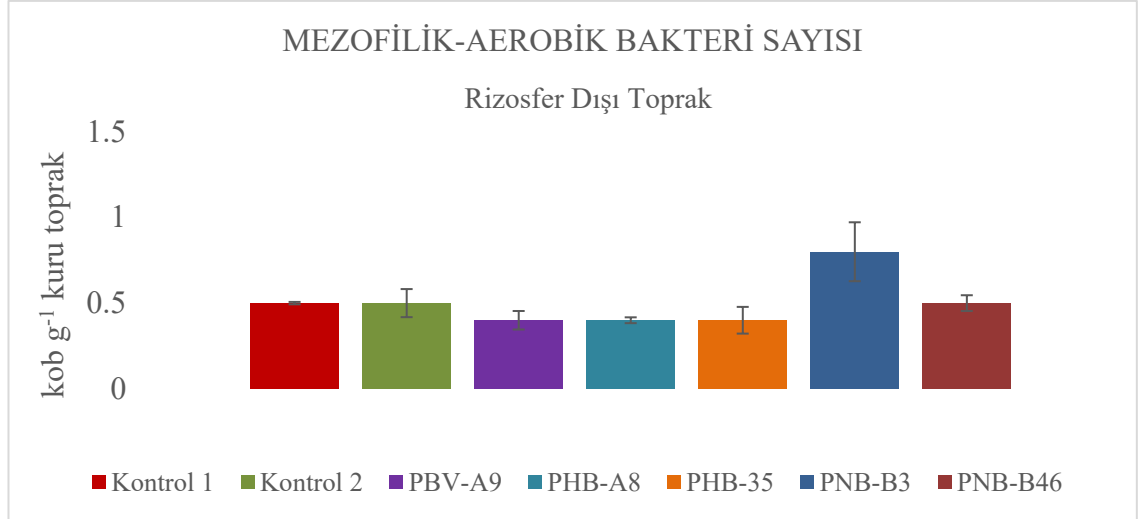
Şekil 4.8.Uygulamaların rizosfer toprağında Dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

Durmuş ve Kızılkaya (2016) kambu çayı ve kambu çayı üretim artığının karışık mikroorganizma kültürleriyle orta derecede asitli ve orta derecede bazik topraklar üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada uygulama dozlarına bağlı olarak verim ve dehidrogenaz aktivesinde artışların meydana geldiğini, bazik topraklarda daha yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi olduğunu belirlemişlerdir. Rodriguez-Morgado vd. (2017), atık çamurundan fermantasyon sonucu elde ettikleri biyositümülantı toprağa uyguladıkları bir çalışmada dehidrogenaz enzim aktivitesinin önemli ölçüde yükseldiğini tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da PHB-A8 uygulamasının hem rizosfer dışı toprak ve hem de rizosfer toprağında en yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi değerlerini verdiği gözlenirken en düşük dehidrogenaz enzim aktivitesi Kontrol 2 uygulamasında görülmüştür. Bu da hem Durmuş ve Kızılkaya (2016) hem de Rodriguez-Morgado vd. (2017) tarafından verilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Rizosfer bölgesindeki pH değerlerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi ile etkileşim içinde olduğu ve pH değeri düştükçe dehidrogenaz aktivitesinin de düştüğü görülmüştür (Çizelge 4.4). Rodriguez-Morgado vd. (2017) tarafından elde edilen sonuçlara benzer olarak bitki yetiştirme ortamına uygulanan bakteri izolatlarının ortamdaki dehidrogenaz aktivitesine olumlu etki yaptığı ve en etkili izolatın ise PHB-A8 olduğu tespit edilmiştir.

4.1.5. Mezofilik-aerobik bakteri sayısı

Rizosfer Dışı Toprak

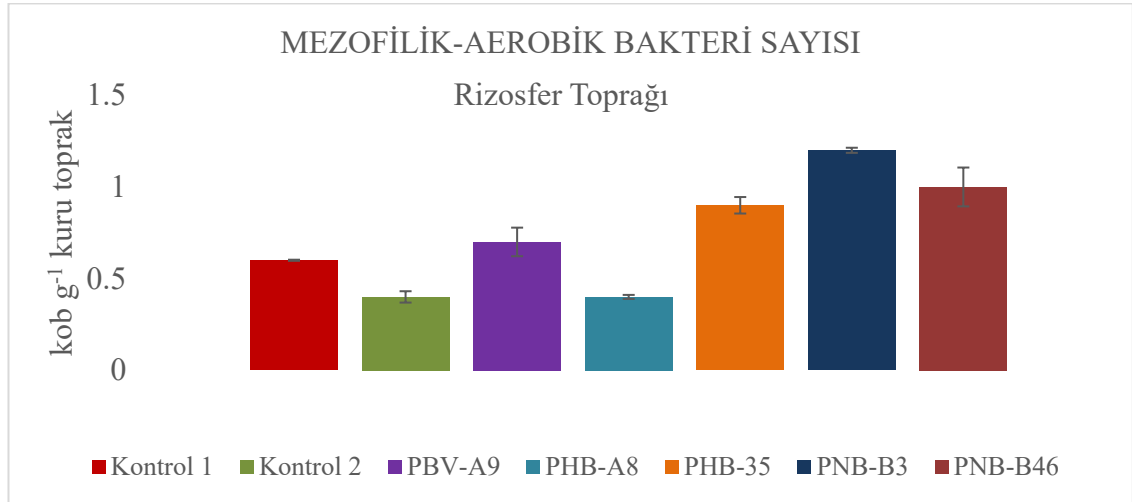
Saksı denemelerinden alınan rizosfer dışı toprak örneklerine ait veriler Şekil 4.9'da ki gibidir. PNB-B3 uygulamasının en yüksek mezofilik-aerobik bakteri sayısını, PHB-A8 uygulamasının ise en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte uygulamalar arasında istatistiki açıdan bir fark oluşmamıştır (Çizelge 4.2).



Şekil 4.9.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Mezofilik-Aerobik Bakteri Sayısı üzerine etkisi

Rizosfer Toprağı

Saksı denemelerinden alınan rizosfer bölgesi toprak örneklerine ait veriler Şekil 4.10’da verilmiştir. Bu verilere göre PNB-B3 (11.16×10^5 kob g⁻¹ kuru toprak) uygulanan en yüksek değere sahip iken Kontrol 2 (4.0×10^5 kob g⁻¹ kuru toprak) ve PHB-A8 (4×10^5 kob g⁻¹ kuru toprak) olarak en düşük değerleri göstermiştir. Rizosfer bölgesi topraklarında mezofilik-aerobik bakteri sayısı istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli bir fark oluşturmuştur (Çizelge 4.3).



Şekil 4.10.Uygulamaların rizosfer toprağında Mezofilik-Aerobik Bakteri Sayısı üzerine etkisi

Ergün (2020), PGPR ve sıvı vermikompost uygulaması yapılan marul bitkisinin verimine etkisini incelediği bir çalışma sonunda en yüksek bakteri sayısının sıvı vermikompost ile biyolojik gübrenin birlikte uygulandığı topraklarda tespit edildiğini, en düşük bakteri sayısının ise %100 NPK gübrelemesi yapılan uygulamalarda olduğunu

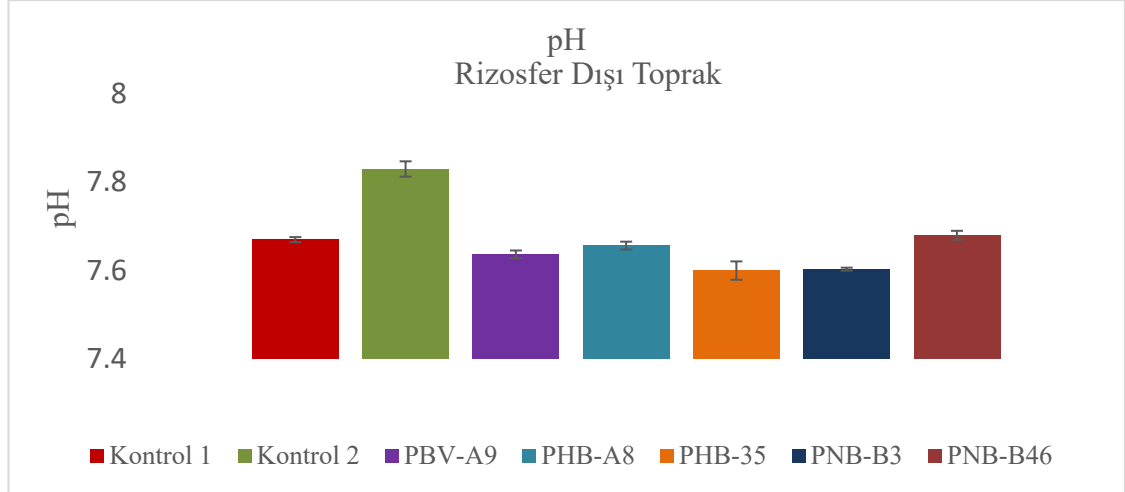
belirtmiştir. Çalışmamızda mezofilik-aerobik bakteri sayısının rizosfer dışı toprakta istatistiki açıdan önemli bir fark oluşturmadığı fakat diğer uygulamalara göre en yüksek değeri veren uygulamanın PNB-B3 izolatına ait olduğu görülmüştür. Yine aynı şekilde rizosfer bölgesinde de en yüksek etkinliği gösteren uygulamanın PNB-B3 uygulaması, her iki toprakta da en düşük etkinlik gösteren uygulamanın ise Kontrol 2 uygulaması olduğu tespit edilmiştir. PNB-B3 uygulamasının her iki toprakta da en yüksek etkiyi göstermesinin, bu ortamda antagonistik etkilerin daha düşük düzeyde olması ve dolayısıyla bu izolatın ortama daha iyi uyum sağlayabilmesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Bu sonuç Ergün (2020) tarafından belirtilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir.

4.2. pH ve EC Değerleri

4.2.1. pH değerleri

Rizosfer Dışı Toprak

Rizosfer dışı topraktaki uygulamaların pH değerlerine ait grafik Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde bakteri uygulaması yapılmamış Kontrol 2 uygulamasının en yüksek pH değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Bakteri izolatlarında ise Kontrol 2 uygulamasına göre daha düşük pH değerleri gözlenmiştir. pH değeri en düşük izolatlar PNB-B3 (7.60), PHB-B35 (7.60) ve PBV-A9 (7.63) olmuştur. Uygulamalar arası pH değişimleri istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).



Şekil 4. 11.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta pH üzerine etkileri

Çizelge 4.4. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta EC ve pH üzerine etkileri

| Uygulama | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) | pH |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Kontrol 1 | 451cd | 7.67bc |
| Kontrol 2 | 298e | 7.83d |
| PBV-A9 | 510bc | 7.63ab |
| PHB-B35 | 429d | 7.60a |
| PNB-B46 | 461cd | 7.68c |
| PNB-B3 | 548b | 7.60a |
| PHB-A8 | 689a | 7.65bc |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | |
| | 23.555*** | 40.993*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

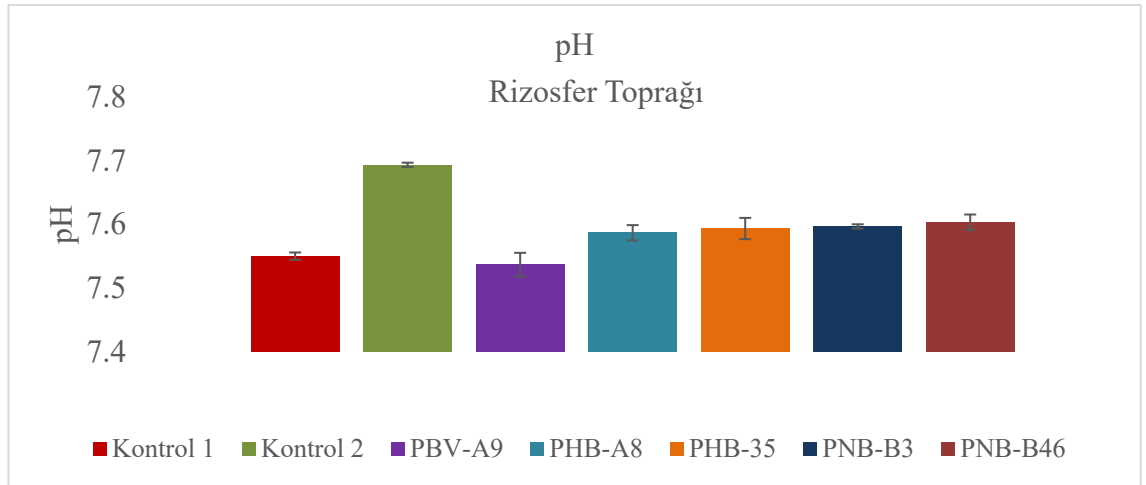
*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

Rizosfer Toprağı

Rizosfer toprağına ait pH değerleri Şekil 4.12'de görülmektedir. Şekil incelendiğinde rizosfer dışı toprakta en yüksek pH değeri Kontrol 2 (7.69) en düşük pH değeri ise Kontrol 1 (7.55) ve PBV-A9 (7.53) uygulamalarında tespit edilmiştir. İzolat uygulamaları arasında her iki toprakta da PBV-A9 uygulamasının pH düşürücü etkinliğinin bulunduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.5'de de görüldüğü üzere uygulamalar arasında istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur.

**Şekil 4. 12.** Uygulamaların rizosfer toprağında pH üzerine etkileri

Çizelge 4.5. Uygulamaların rizosfer toprağında EC ve pH üzerine etkileri

| Uygulama | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) | pH |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------|
| Kontrol 1 | 521bc | 7.55a |
| Kontrol 2 | 315e | 7.69c |
| PBV-A9 | 607a | 7.53a |
| PHB-B35 | 503cd | 7.59b |
| PNB-B46 | 542bc | 7.60b |
| PHB-A8 | 456d | 7.58b |
| PNB-B3 | 536b | 7.59b |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | |
| | 32.059*** | 18.391*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

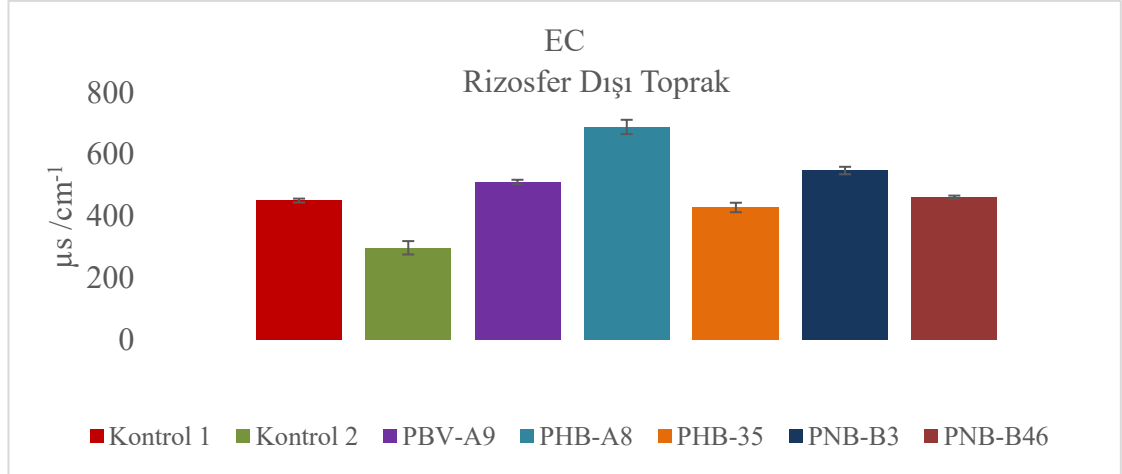
- *** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.
 ** : % 1 düzeyinde önemlidir.
 * : % 5 düzeyinde önemlidir.

Cumingham ve Kuicak (1992), Yadaw ve Dadarval (1997) yaptıkları çalışma neticesinde fosfor çözücü bakterilerin ortamın pH'sını düşürerek, iyonları şelatlayarak ve bitki büyüme ve düzenleyici hormonlar salgılayarak bitki gelişimi üzerinde olumlu etkide bulduklarını tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada Gyaneswar vd. (1998) bakteriler tarafından üretilen metabolik asitlerin ortam pH'ni düşürdüğü ve dolayısıyla kaya fosfattan fosforun serbest kaldığını savunmuştur. Kontrol 2 uygulamasının bakteri uygulaması yapılan ortamlara nazaran daha yüksek pH değerlerine sahip olmasının nedeni olarak bu ortamın pH'sını düşürebilecek bakteri varlığının sınırlı olması gösterilebilir. Çalışmamızda aldığımız sonuçlar bakteri uygulamalarının ortam pH değerini düşürdüğü yönünde olup Cumingham ve Kuicak (1992), Yadaw ve Dadarval (1997) ve Gyaneswar vd. (1998) tarafından rapor edilen sonuçlarla uyum içindedir.

4.2.2. EC değerleri

Rizosfer Dışı Toprak

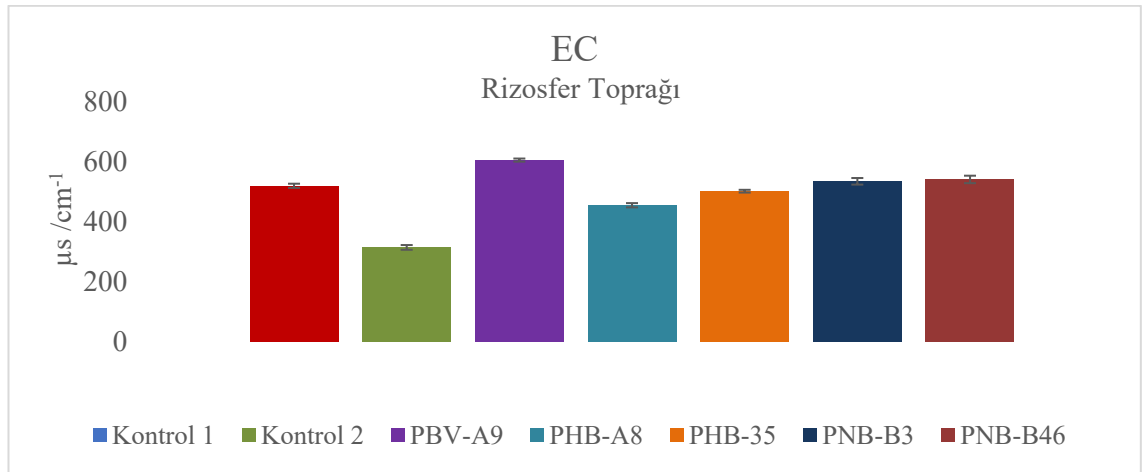
Rizosfer dışı topraktaki EC değerleri Şekil 4.13'de ki gibidir. EC değeri en yüksek PHB-A8 uygulamasında ($689 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$), en düşük Kontrol 2 uygulamasında ($298 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) gözlenmiştir. EC değerleri açısından uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak %0.1 düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.4).



Şekil 4.13.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta EC üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerine ait EC değerleri Şekil 4.14’de verilmiştir. PBV-A9 (607 µs /cm⁻¹) uygulaması en yüksek EC değerine sahip uygulama olurken, Kontrol 2 (315 µs /cm⁻¹) uygulaması en düşük EC değerini vermiştir. Uygulamaların EC değerleri arasındaki fark istatistiki olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.14.Uygulamaların rizosfer toprağında EC üzerine etkileri

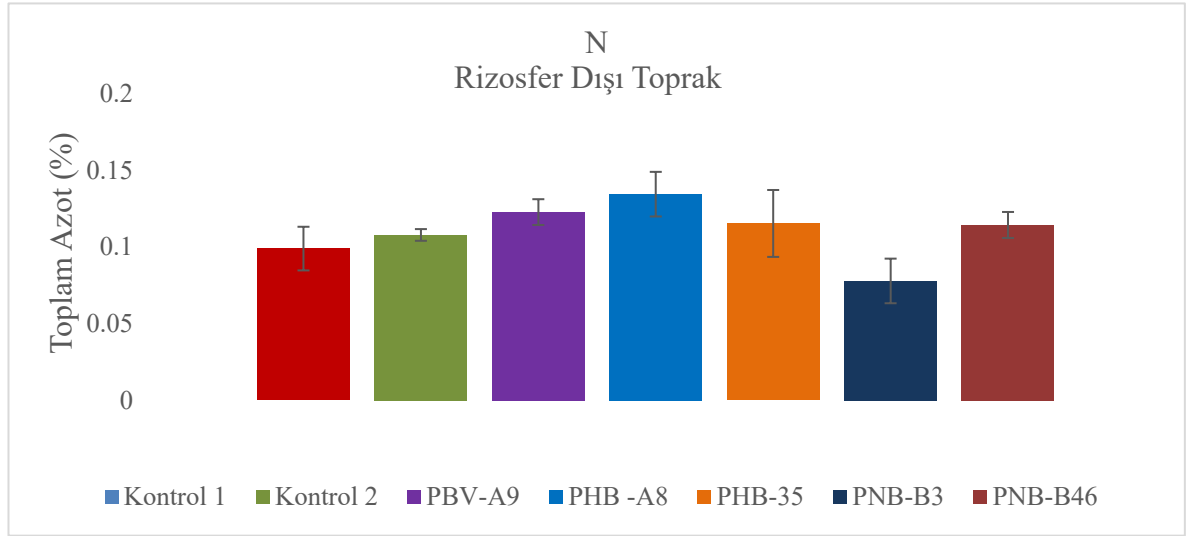
Güneş vd. (2013) beş farklı bakteri izolatının fosfat kayasının çözünürlüğünde EC’nin etkilerini inceledikleri çalışmada EC değişimlerinin etkisini %5 düzeyinde önemli bulmuş ve bunu takiben bakteri uygulamalarının EC düzeylerini %137 oranında artırdığını etmişlerdir. Çalışmamızda kullandığımız rizosfer dışı topraklar incelendiğinde, PHB-A8 uygulaması Ec değerini Kontrol 2 uygulamasına kıyasla %131 düzeyinde artırmıştır. Aynı şekilde rizosfer toprağında da PBV-A9 uygulaması Kontrol 2 uygulamasına nazaran %92 düzeyinde artış göstermiştir.

4.3. Toprakların Makro-Mikro Besin Elementi Kapsamları

4.3.1. Toplam azot, alınabilir fosfor ve değişebilir potasyum

Rizosfer Dışı Toprak

Uygulamaların rizosfer dışı toprak örneklerine ait toplam azot kapsamları Şekil 4.15’de verilmiştir. Uygulamalar arası en yüksek toplam azot değeri PHB-A8, en düşük toplam azot içeriği PNB-B3 uygulamasında gözlenmiştir. Çizelge 4.6’da da görüldüğü gibi uygulamaların toplam N kapsamı açısından önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.15. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta toplam N kapsamına etkileri

Çizelge 4.6. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Toplam N, Alınabilir P, Değişebilir K üzerine etkisi

| Uygulama | Toplam N (%) | Alınabilir P (ppm) | Değişebilir K (ppm) |
|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Kontrol 1 | 0.098 | 5.413bc | 91.730b |
| Kontrol 2 | 0.107 | 4.036c | 83.330d |
| PBV-A9 | 0.122 | 3.836c | 86.833cd |
| PHB-B35 | 0.134 | 7.500a | 93.166ab |
| PNB-B46 | 0.115 | 4.293c | 89.546bc |
| PHB-A8 | 0.075 | 3.976c | 95.620a |
| PNB-B3 | 0.114 | 6.786ab | 96.876a |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | |
| | Ö.D | 5.685** | 16.961*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

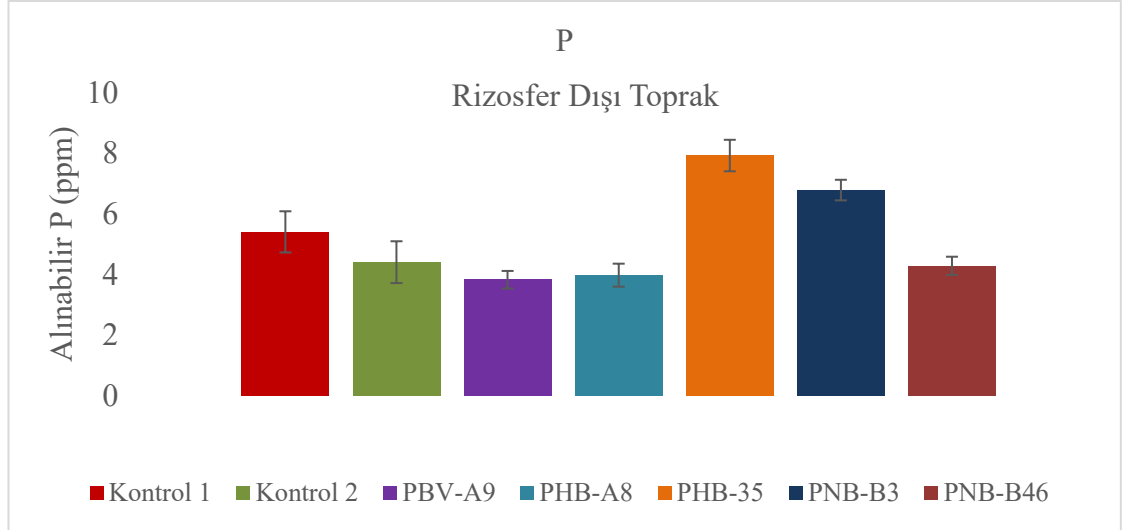
*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

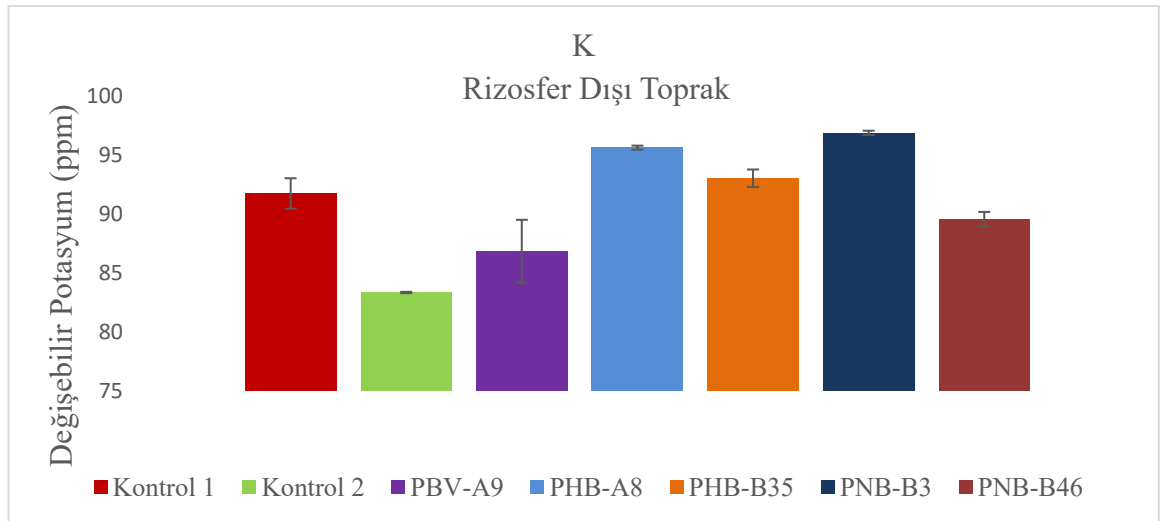
Ö.D. :Önemli değil

Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki alınabilir fosfor değerlerine ilişkin grafik Şekil 4.16'da gösterilmiştir. En yüksek alınabilir fosfor değeri PHB-B35 (7.50 ppm) ve PNB-B3 (6.78 ppm) uygulamalarında gözlenirken en düşük alınabilir fosfor değeri PBV-A9 (3.83 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6).



Şekil 4.16. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Alınabilir P kapsamına etkileri

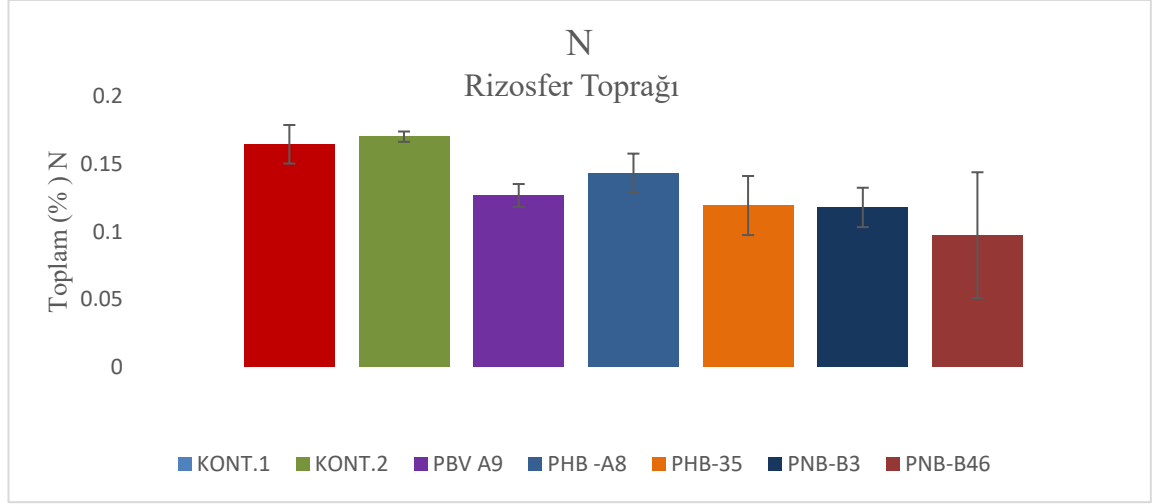
Uygulamaların rizosfer dışı toprakların değişebilir potasyum kapsamına etkileri Şekil 4.17'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde sırasıyla en yüksek PNB-B3 (96.87 ppm), PHB-A8 (95.62 ppm) ve PHB-B35 (93.16 ppm) uygulamaları olup en düşük değişebilir potasyum oranı Kontrol 2 (83.3 ppm) uygulamasında gözlemlenmiştir. Uygulamalar arası fark %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6).



Şekil 4.17. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki K kapsamına etkileri.

Rizosfer Toprağı

Toplam N kapsamlarına ait grafik Şekil 4.18’de ki gibidir. Şekle göre en yüksek toplam azot değeri Kontrol 2 uygulamasında gözlenmiş olup en düşük değer PNB-B46 uygulamasında elde edilmiştir. Çizelge 4.7’ye göre uygulamaların toplam azot kapsamları arasında önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.18. Uygulamaların rizosfer toprağındaki N kapsamına etkileri

Çizelge 4.7. Uygulamaların rizosfer toprağı üzerindeki Toplam N, Alınabilir P, Değişebilir K üzerine etkisi

| Uygulama | Toplam N (%) | Alınabilir P (ppm) | Değişebilir K (ppm) |
|---------------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Kontrol 1 | 0.164 | 4.750b | 84.500b |
| Kontrol 2 | 0.170 | 2.286c | 77.920c |
| PBV-A9 | 0.126 | 6.930ab | 81.516bc |
| PHB-B35 | 0.119 | 4.983b | 85.360b |
| PNB-B46 | 0.097 | 8.910a | 91.760a |
| PHB-A8 | 0.143 | 4.866b | 81.400bc |
| PNB-B3 | 0.117 | 4.606b | 84.480b |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | |
| | Ö.D | 5.786** | 7.886** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

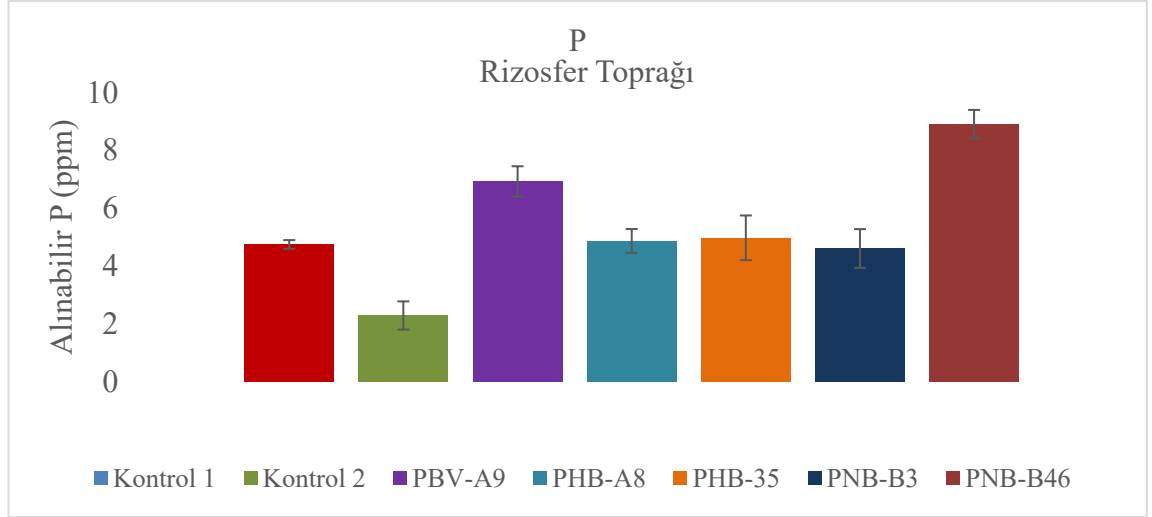
*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

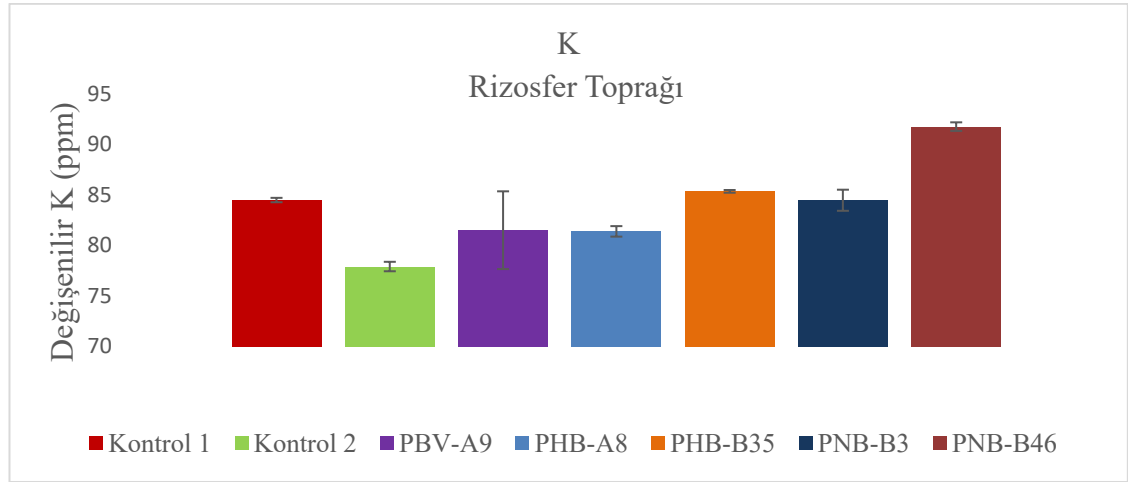
Ö.D. : Önemli değil.

Yapılan uygulamaların rizosfer toprağındaki fosfor değerlerine ilişkin grafik Şekil 4.19’da ki gibidir. Grafik incelendiğinde en yüksek değer PNB-B46 (7.73 ppm) ve PBV-A9 (6.93 ppm) ile elde edilmiş iken en düşük fosfor değeri Kontrol 2 (2.28 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Kontrol 2 uygulamasının rizosfer dışı ve rizosfer toprağı düşük düzeyde fosfor içermesinin nedeni olarak kimyasal formdaki yarıyışsız fosforu yarıyışlı forma dönüştürecek bakteri olmamasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Uygulamalar %1 düzeyinde önemli bir farkı bulunmuştur (Çizelge 4.6).



Şekil 4.19.Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir P kapsamına etkileri

Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir potasyum üzerine olan etkileri Şekil 4.20’de ki gibidir. Uygulamalar incelendiğinde değişebilir K kapsamı en çok PNB-B46 (%91.76)’da gözlenirken en düşük değer Kontrol 2 (%77.92) uygulamasına ait toprakta elde edilmiştir. Uygulamalar arasında ki fark %1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).



Şekil 4.20.Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değişebilir K kapsamına etkileri

Bakteri izolatlarının rizosfer dışı toprakların toplam N kapsamlarına olan etkisi incelendiğinde en yüksek artış Kontrol 1 uygulamasında gözlenirken rizosfer toprağındaki toplam N kapsamına etkileri incelendiğinde en yüksek toplam N değeri Kontrol 2 uygulamasında gözlenmiş olup diğer bakteri izolatu uygulamaları birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Bakteri uygulamaları arasında PHB-A8 uygulamasının rizosfer toprağında en yüksek toplam N değerini veren uygulama olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan bitkinin kök bölgesindeki etkinliğinin diğer izolatlardan daha fazla olduğu düşünülebilir. Farklı çalışmalarda da PGPR uygulamalarının N, P, K gibi besin elementlerinin alınımını artırdığı bildirilmiştir (Aslantaş vd. 2007; Karlıdağ vd. 2007;

Karthiaken vd. 2010; Seymen vd. 2013). Çalışmamızda rizosfer toprağında PHB-A8 izolatının N kapsamı bakımından etkili olduğu gözlenmiş ancak diğer izolat uygulamalarına göre istatistikî açıdan bir önem arz etmediği görülmüştür.

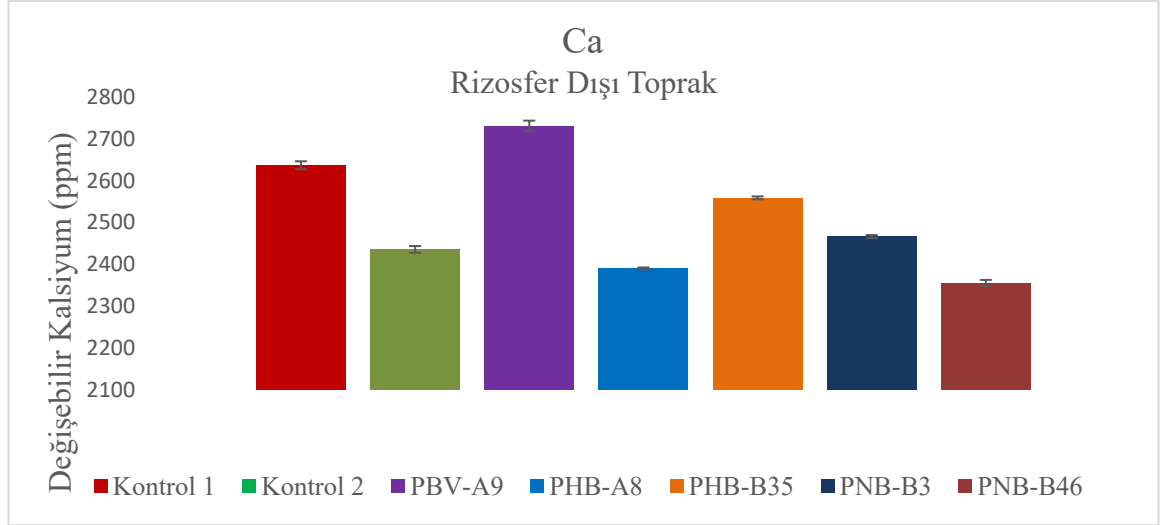
Fosfor çözücü bakterilerin toprakların alınabilir P kapsamlarına doğrudan etkileri olmasa da mikrobiyal ve kimyasal gübrelerin birlikte kullanıldığı toprakların çoğunluğunda alınabilir fosfor kapsamlarının önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir (Srivastava vd. 2011). Bakteri uygulaması yapılan mısır ve kanola bitkilerinde mineral fosfatı çözerek bitki gelişimini artırdığını tespit etmişlerdir (Chabolat vd. 1996). Tarla koşullarında topraktaki mevcut fosforun (%5'den az) bitkiler için az olduğu durumlarda fosfat çözümü bakteri uygulamasıyla toprakta bulunan bitki için elverişli fosforun artmasına katkıda bulunduğu yapılan çalışmalarca mevcuttur (Fallik vd. 1994). Çalışmamızda rizosfer dışı toprakta alınabilir fosfor bakımından en etkin uygulamalar PHB-B35 ve PNB-B3 izolatları olurken, rizosfer toprağındaki en etkin uygulamalar PNB-B46 ve PBV-A9 uygulamaları olmuştur. En düşük fosfor içeriği ise Kontrol 2 uygulamasında tespit edilmiştir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalar ile uyum içinde olduğu görülmüştür (Chabolat vd. 1996; Fallik vd. 1994).

Mikrobiyal gübre içeren uygulamaların, tek başına kimyasal gübre uygulamasına göre toprakların potasyum içeriklerine olumlu etki yaptığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Srivastava vd. 2011). Torun (2015), domates üretiminde bakteri uygulaması yapılan toprağın bakterisiz uygulamaya göre daha yüksek düzeyde değişebilir potasyum içeriğine sahip olduğunu tespit etmiştir. Çalışmamızda rizosfer dışı toprakta PHB-A8, PNB-B3 ve PNB-B35 izolatlarının, rizosfer toprağında ise PNB-B46 izolatı en yüksek potasyum değerine sahip uygulamalar olmuştur. Bakterili uygulamaların bakterisiz ortama göre daha yüksek potasyum değerine sahip olması sebebiyle Srivastava vd. (2011) ve Torun (2015) yaptıkları çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

4.3.2. Değişebilir kalsiyum , magnezyum ve sodyum

Rizosfer Dışı Toprak

Uygulamaların rizosfer dışı toprak üzerine etkileri Şekil 4.21'deki grafikte gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek değişebilir kalsiyum kapsamı PBV- A9 (2731.6 ppm) uygulamasında görülürken en düşük değişebilir kalsiyum değeri ise PNB-B46 (2350.0 ppm) ve PHB-A8 (2390.3 ppm) uygulamalarında gözlenmiştir. Uygulamaların arasında değişebilir kalsiyum değerli açısından %0.1 düzeyinde önemli fark bulunmaktadır (Çizelge 4.8).



Şekil 4.21. Uygulamaların rizosfer topraktaki Değişebilir Ca kapsamına etkileri

Çizelge 4.8. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki değişebilir Ca, Mg ve Na üzerine etkileri

| Uygulama | Değişebilir Ca ppm | Değişebilir Mg ppm | Değişebilir Na ppm |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Kontrol 1 | 260b | 430a | 41c |
| Kontrol 2 | 2479cd | 416bc | 46b |
| PBV-A9 | 2732a | 424ab | 34d |
| PHB-B35 | 2559bc | 411bc | 45b |
| PNB-B46 | 2350e | 392d | 48b |
| PHB-A8 | 2390de | 392d | 55a |
| PNB-B3 | 2449d | 405c | 45b |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | |
| | 18.307*** | 12.709*** | 28.152*** |

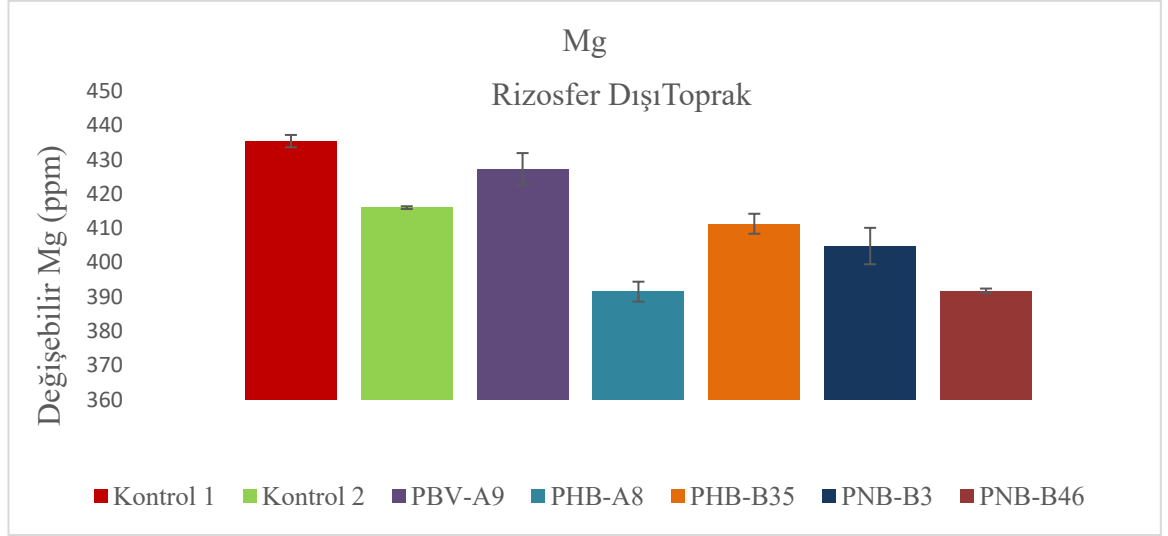
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

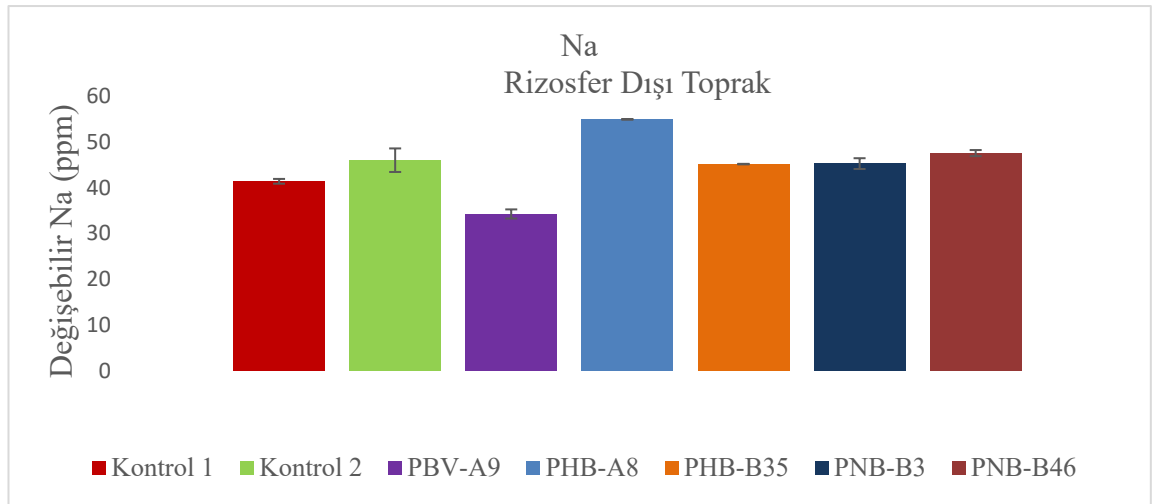
* : % 5 düzeyinde önemlidir.

Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki değişebilir magnezyum oranlarını gösteren grafik Şekil 4.22'deki gibidir. Şekil incelendiğinde en yüksek değişebilir magnezyum değeri Kontrol 1 (435.4 ppm) uygulamasında gözlenirken en düşük değişebilir magnezyum değeri PHB-A8 (391.5 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Rizosfer dışı topraktaki uygulamalar arası değişebilir magnezyum değeri istatistiki açıdan %0.1 oranında önemlidir (Çizelge 4.8).



Şekil 4.22.Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Değişebilir Mg kapsamına etkileri

Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki değişebilir sodyum miktarlarına ait grafik Şekil 4.23’de gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek değişebilir sodyum değeri PHB-A8 uygulamasında görülmekteyken en düşük değişebilir sodyum değeri ise PBV-A9 uygulamasında gözlenmektedir. Uygulamalar arası değişebilir sodyum değeri arasında istatistiksel açıdan %0.1 önemli fark gözlenmiştir (Çizelge 4.8). Rizosfer dışı toprakta sodyum miktarını en çok artıran uygulamanın PHB-A8 olduğu, dolayısıyla topraktaki enzimatik faaliyetlerini diğer uygulamalara göre daha fazla olduğu ve topraktaki tuzluluğun artmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

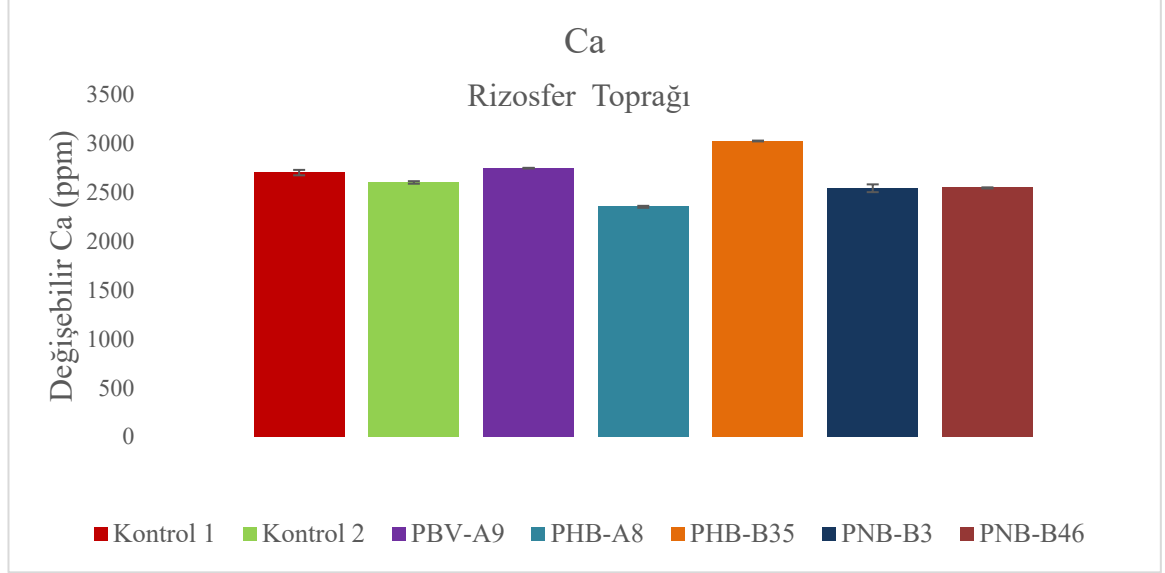


Şekil 4.23.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta ki Değişebilir Na kapsamına etkileri

Rizosfer Toprağı

Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir kalsiyum üzerine etkileri Şekil 4.24’deki grafikte gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde PHB-B35 (3024.3 ppm) uygulaması en yüksek değişebilir kalsiyum değerine sahip uygulama olurken PHB- A8

(2467.3 ppm), PNB-B3 (2541.3 ppm) ve PNB-B46 (2545.0 ppm) uygulamaları birbirine yakın değerlerde olmakla birlikte değişebilir kalsiyum değeri bakımından daha düşük düzeyde kalsiyum içeren uygulamalar olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası fark istatistiki açıdan %0.1 önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9).



Şekil 4.24. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değişebilir Ca kapsamına etkileri

Çizelge 4.9. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değişebilir Ca, Mg ve Na üzerine etkileri

| Uygulama | Değişebilir Ca | Değişebilir Mg | Değişebilir Na |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Kontrol 1 | 2749.000b | 475.900a | 56.140bc |
| Kontrol 2 | 2600.666bc | 435.200d | 57.300b |
| PBV-A9 | 2746.666b | 451.933bc | 58.530ab |
| PHB-B35 | 3024.333a | 456.700b | 48.376e |
| PNB-B46 | 2545.000c | 445.466c | 62.200a |
| PHB-A8 | 2467.333c | 435.033d | 52.900cd |
| PNB-B3 | 2541.333c | 455.766b | 49.626de |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | |
| | 16.076*** | 31.490*** | 15.232*** |

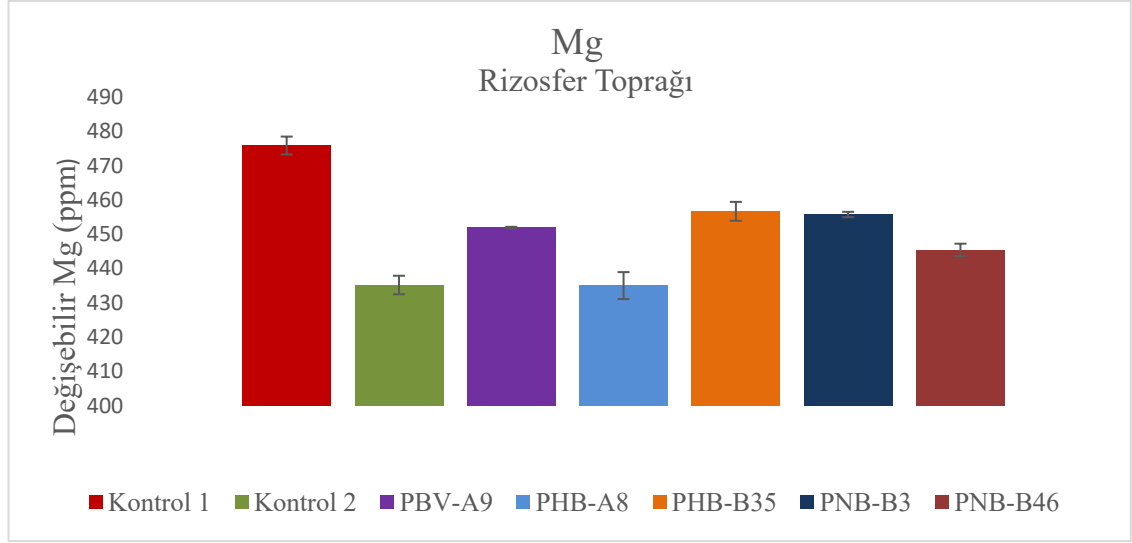
Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

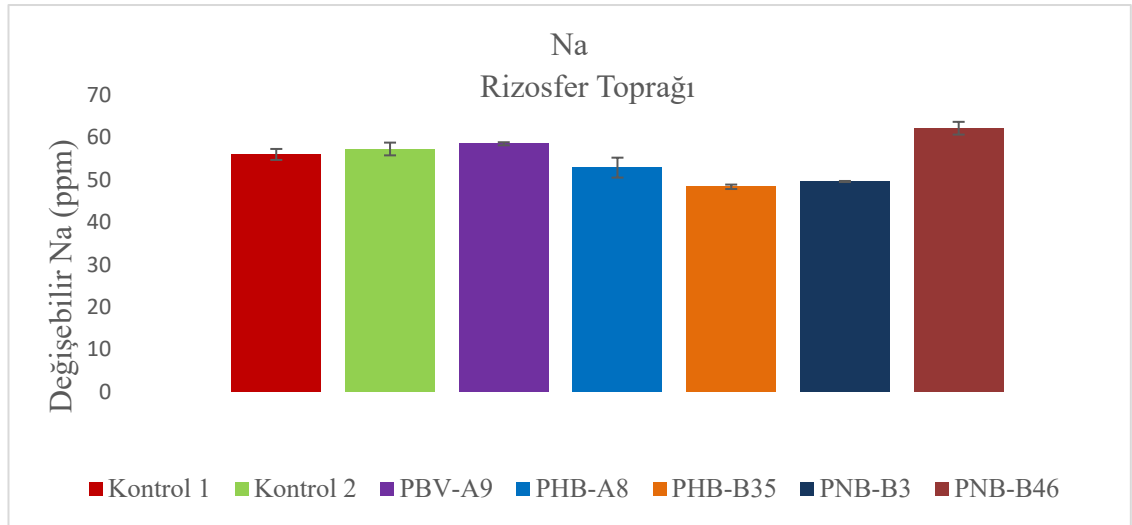
* : % 5 düzeyinde önemlidir.

Uygulamaların rizosfer toprağındaki magnezyum oranları Şekil 4.25’de ki grafikte gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek değişebilir magnezyum oranı Kontrol 1 uygulamasında gözlenirken en düşük magnezyum oranı Kontrol 2 ve PHB- A8 uygulamalarında gözlenmiştir. Uygulamalar arası %0.1 önemli bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.9).



Şekil 4.25. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Değişebilir Mg kapsamına etkileri

Uygulamaların rizosfer toprağındaki sodyum miktarları Şekil 4.26'daki grafikte gösterildiği gibidir. Grafik incelendiğinde en yüksek değişebilir sodyum değeri PNB-B46 (62.20 ppm), PBV-A9 (58.53 ppm) uygulamalarında gözlemlenmekteken en düşük oranı ise PHB-B35 uygulamasında görülmüştür. Uygulamalar arasındaki istatistiki açıdan önemli (%0.1) bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.9).



Şekil 4.26. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Değişebilir Na kapsamına etkileri

Torun (2015), domates bitkisinde yaptığı çalışmada bakteriyel gübrelemenin topraktaki kalsiyum içeriğine etkisinin olmadığını tespit etmiştir. Oğacı vd. (2018) biyogübre ve inorganik gübre uygulamalarının toprağın makro element değerleri (Ca, Mg, Na) açısından önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmaların aksine değişebilir kalsiyum içeriğı bakımından rizosfer dışı toprakta PBV-A9, rizosfer toprağında PNB-B35 izolatı %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

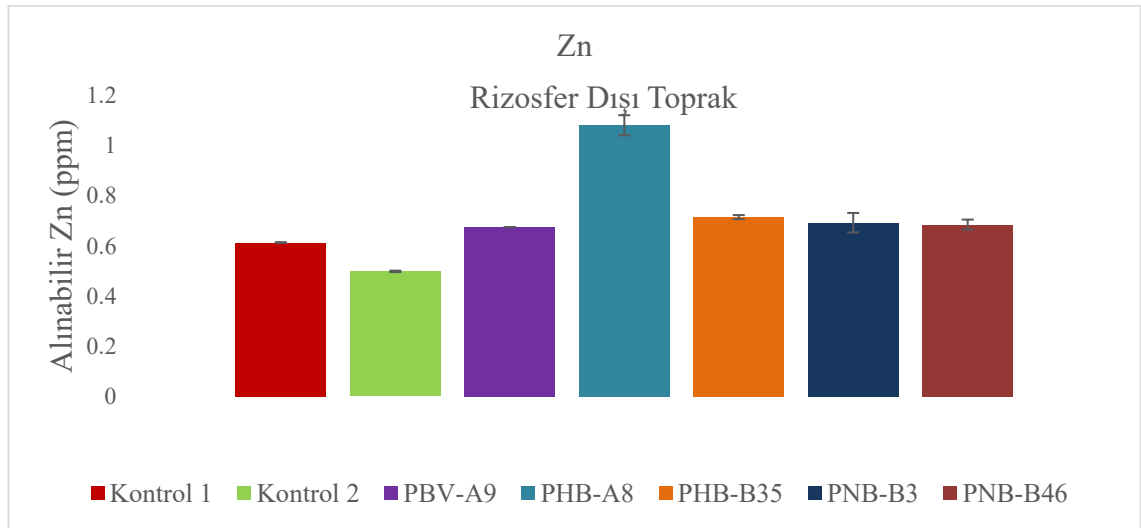
Çakmakçı ve Erdoğan (2005) yaptıkları çalışmada fosfat bakterisinin Mg alınımını artırarak bitki gelişimini teşvik ettiğini belirtmişlerdir. N-dung-Magiroy vd. (2011) Kenya da yürüttükleri çalışmada fosfat çözen bakteriler ile toprağın organik karbon, değişebilir kalsiyum ve değişebilir magnezyum içerikleri arasında $p<0,005$ düzeyinde önemli bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada rizosfer dışı toprakta Kontrol 1 ve PBV-A9, rizosfer toprağında Kontrol 1 uygulaması değişebilir magnezyum düzeyi bakımından en etkin uygulamalar olup istatistiksel açıdan %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu veriler değerlendirildiğinde yapılan çalışmanın Çakmakçı ve Erdoğan (2005) yaptıkları çalışma ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Torun (2015) domates bitkisinin farklı bakteriyel içeriklere sahip biyo-gübre uygulamaları ile yaptığı çalışmada gübre uygulamalarının değişebilir sodyum içeriğini istatistiksel olarak %0.1 oranında önemli olduğunu tespit etmiştir. Rizosfer dışı toprakta PHB- A8 rizosfer toprağında ise PBV- A9 ve PNB-B46 uygulamalarından aldığımız sonuçlar da Torun (2015) 'in domates bitkisinde yaptığı çalışmaya benzer uyumluluk içinde olduğu görülmüştür.

4.3.3. Alınabilir demir, çinko, bakır ve mangan

Rizosfer Dışı Toprak

Uygulamaların rizosfer dışı toprak üzerine alınabilir çinko değerleri Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Şekilde incelendiğinde alınabilir çinko değeri en yüksek izolat PHB-A8 (1.08 ppm) iken alınabilir çinko değeri en düşük uygulama Kontrol 2 (0.49 ppm) uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Diğer uygulamalar hemen hemen birbirine yakın değerler göstermektedir. Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere alınabilir çinko değerleri üzerine diğer uygulamalar arasında (%0.1) önemli fark bulunmaktadır.



Şekil 4.27. Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Zn kapsamına etkileri

Çizelge 4.10. Uygulamaların rizosfer dışı topraktaki Fe, Zn, Cu ve Mn üzerine etki değerleri

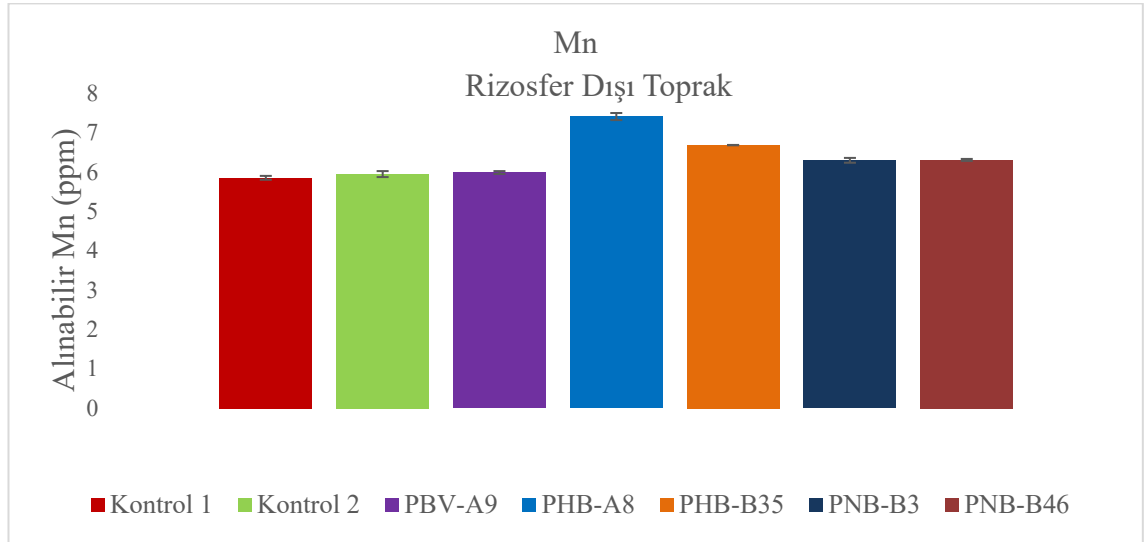
| Uygulama | Alınabilir Fe ppm | Alınabilir Zn ppm | Alınabilir Cu ppm | Alınabilir Mn ppm |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Kontrol 1 | 6.320b | 0.614c | 2.088c | 5.585d |
| Kontrol 2 | 6.148e | 0.499d | 1.990d | 5.953d |
| PBV-A9 | 6.6621a | 0.675bc | 2.266ab | 5.991d |
| PHB-B35 | 6.288bc | 0.715b | 2.183bc | 6.689b |
| PNB-B46 | 6.133e | 0.685bc | 2.096c | 6.313c |
| PHB-A8 | 6.343b | 1.082a | 2.283a | 7.416a |
| PNB-B3 | 6.22cd | 0.693b | 2.170bc | 6.303c |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | | |
| | 42.586*** | 62.594*** | 11.174*** | 93.762*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

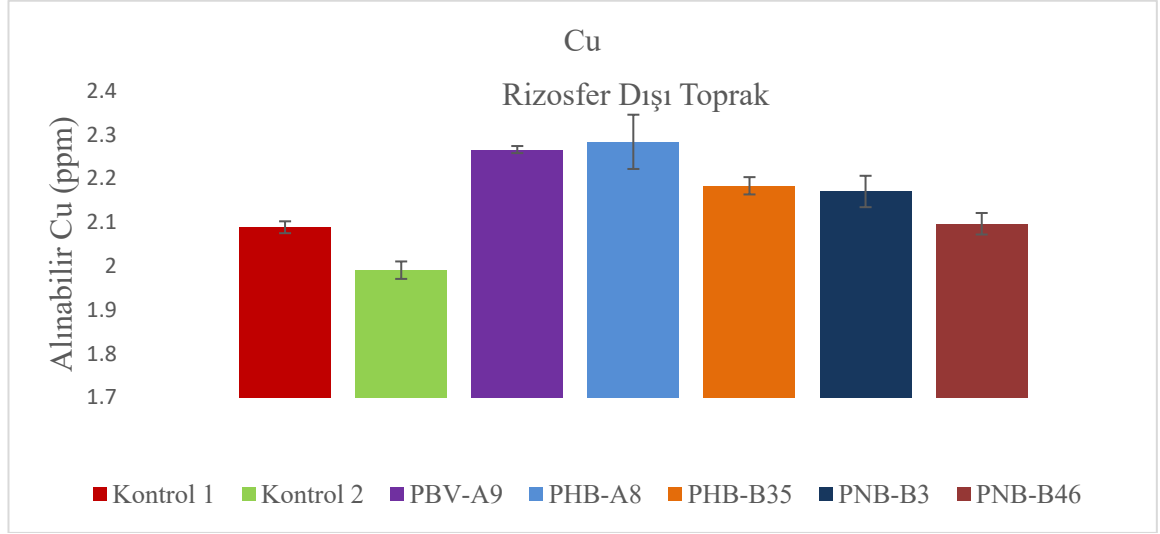
** : % 1 düzeyinde önemlidir.

Uygulamalarda rizosfer dışı toprak örneklerine ait alınabilir mangan değerleri Şekil 4.28'deki grafikte gösterilmiştir. Grafiğe göre alınabilir mangan değeri en yüksek uygulama PHB-A8 (7.41 ppm) iken PBV-A9 (5.99 ppm), Kontrol 2 (5.95 ppm) ve Kontrol 1 (5.85 ppm) uygulamaları en düşük alınabilir mangan değerlerine sahip uygulamalar olmuştur. Uygulamalar (%0.1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

**Şekil 4.28.** Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Mn kapsamına etkileri

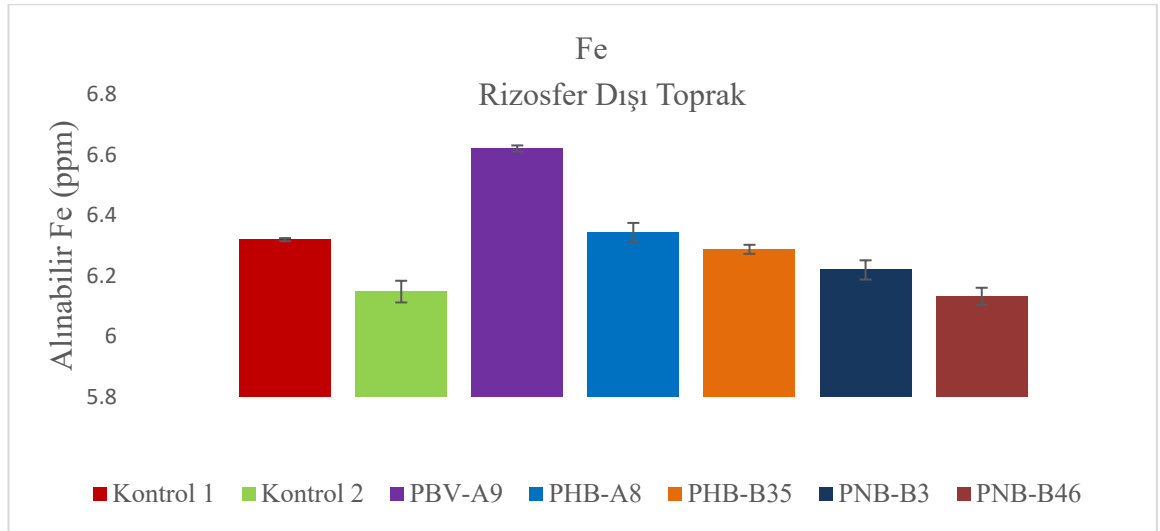
Uygulamaların rizosfer dışı toprak örneklerini ait alınabilir bakır oranları Şekil 4.29'da gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde alınabilir bakır oranı en yüksek uygulamalar PHB-A8 (2.28 ppm) ve PBV-A9 (2.26 ppm) olurken en düşük alınabilir bakır oranı ise Kontrol 2 (1.99 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir. Rizosfer dışı topraktaki alınabilir bakır oranı rizosfer toprağındaki oranına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Uygulamalar arası alınabilir bakır oranı (%0.1) oranında önemli bir fark bulunmuştur

(Çizelge 4.10).



Şekil 4.29.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Cu kapsamına etkileri

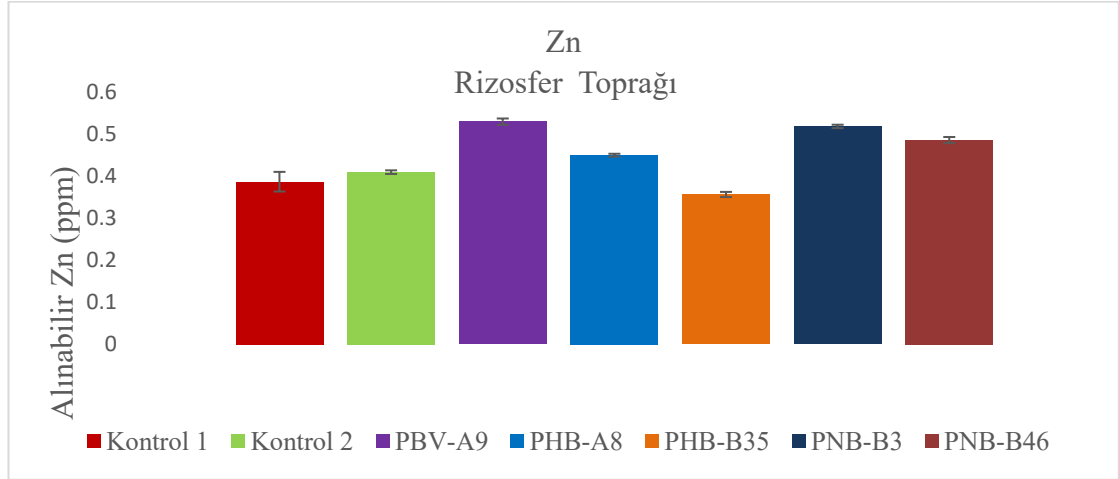
Uygulamaların rizosfer dışı toprak üzerinde alınabilir demir değerlerine ait grafik Şekil 4.30'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek alınabilir demir oranı PBV-A9 (6.62 ppm) uygulamasında gözlemlenmiş olup en düşük alınabilir demir oranı ise PNB-B46 (6.13 ppm) uygulamasında gözlemlenmiştir. Çizelge 4.10'da görüldüğü üzere uygulamaların alınabilir demir değerlerinde istatistiksel olarak önemli (%0.1) fark bulunmuştur.



Şekil 4.30.Uygulamaların rizosfer dışı toprakta Alınabilir Fe kapsamına etkileri

Rizosfer Toprağı

Uygulamaların rizosfer toprağı üzerinde alınabilir çinko değerleri Şekil 4.31’de ki grafikte gösterilmiştir. Uygulamalarda en yüksek alınabilir çinko oranı PNB-B3 (0.517 ppm), PBV-A9 (0.51 ppm) ve PNB-B46 (0.48 ppm) uygulamalarında görülmekteyken; en düşük alınabilir çinko değeri Kontrol 1 (0.38 ppm) ve PHB-B35 (0.35 ppm) uygulamalarında tespit edilmiştir. Uygulamaların alınabilir çinko üzerine etkileri (%0.1) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).



Şekil 4.31. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Zn kapsamına etkileri

Çizelge 4.11. Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn üzerine etki değerleri

| Uygulama | Alınabilir Fe ppm | Alınabilir Zn ppm | Alınabilir Cu ppm | Alınabilir Mn ppm |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Kontrol 1 | 6.330c | 0.386cd | 2.100bc | 7.058c |
| Kontrol 2 | 6.700a | 0.409c | 2.079bc | 6.653e |
| PBV-A9 | 6.538b | 0.516a | 2.212a | 7.220b |
| PHB-B35 | 6.343c | 0.356d | 2.117bc | 6.889d |
| PNB-B46 | 6.605b | 0.485a | 2.138ab | 7.600a |
| PHB-A8 | 6.115d | 0.449b | 2.033c | 7.670e |
| PNB-B3 | 6.770a | 0.517a | 2.097bc | 7.600a |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | | |
| | 58.017*** | 38.849*** | 4.419* | 45.704*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

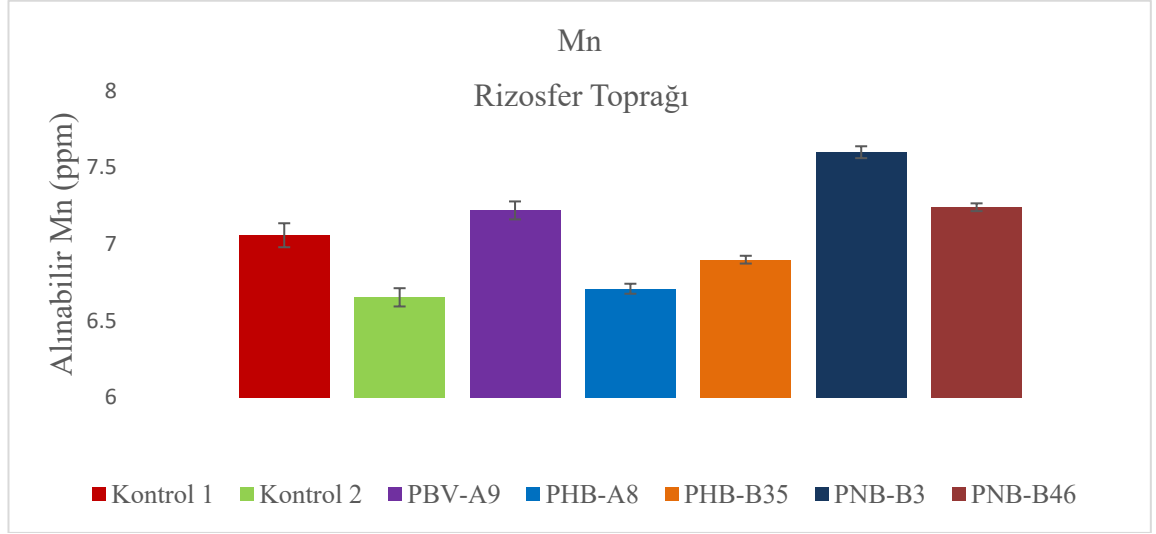
*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

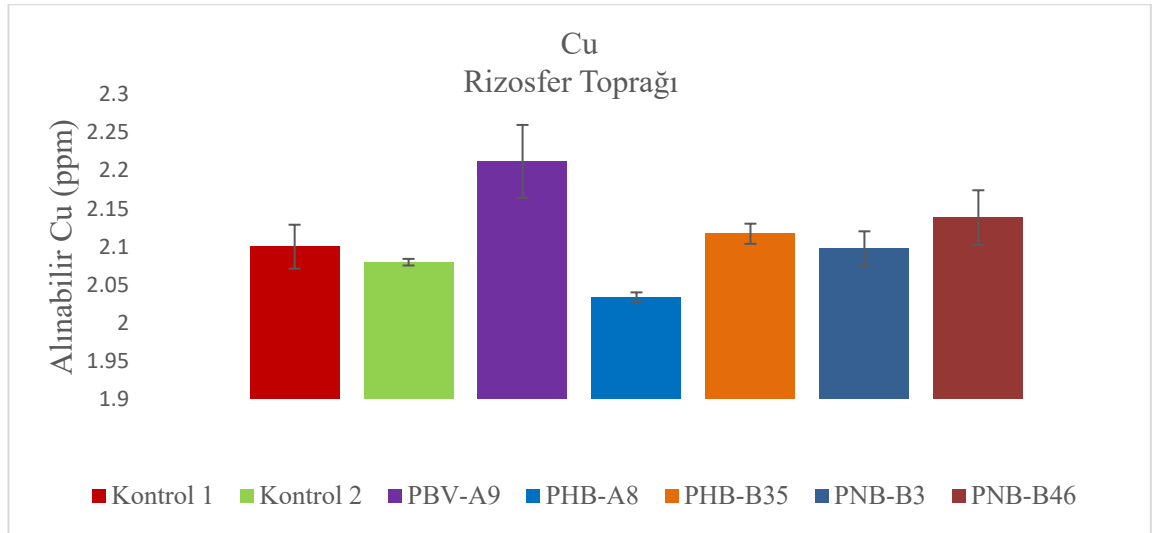
Uygulamaların rizosfer toprağı örneklerini ait alınabilir mangan değerleri Şekil 4.32’de gösterilmiştir. Grafiğe göre alınabilir mangan oranı en yüksek uygulama PNB-B3 (7.60 ppm) olmaktadır en düşük alınabilir mangan oranı ise Kontrol 2 (6.65 ppm) ve PHB-A8 (6.70 ppm) uygulamalarında tespit edilmiştir. Uygulamaların alınabilir mangan değerleri rizosfer dışı toprağına göre daha yüksek bulunmuştur. Uygulamalar arası fark istatistiksel olarak Çizelge 4.11’de gösterilmekle birlikte (%0.1) düzeyde önem arz

etmektedir.



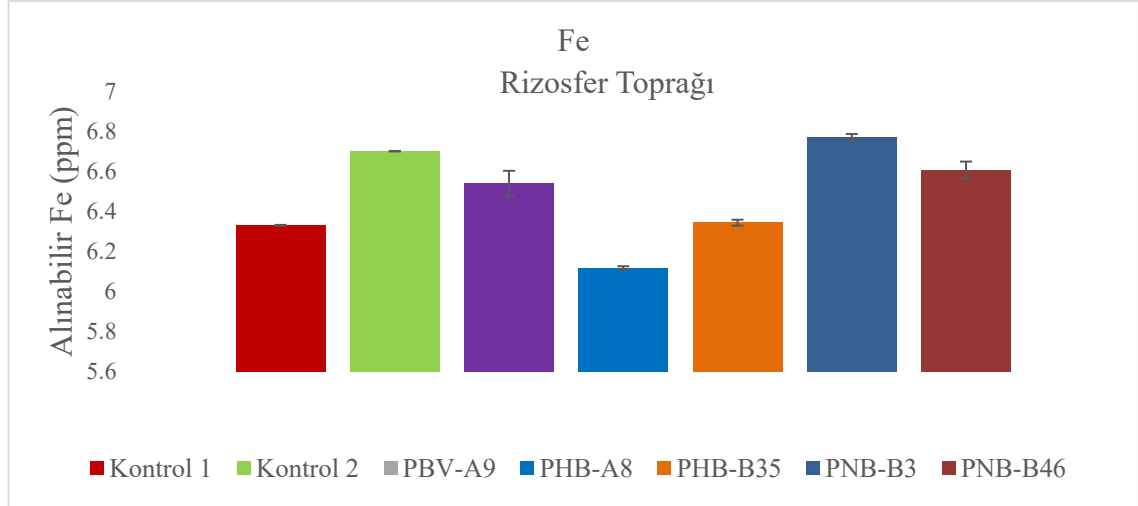
Şekil 4.32.Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Mn kapsamına etkileri

Uygulamaların rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerini ait alınabilir bakır oranlarını Şekil 4.33'deki gibidir. Grafik incelendiğinde alınabilir bakır oranı en yüksek uygulama PBV-A9 (2.21 ppm) ve PNB-B46 (2.13 ppm) uygulamalarında gözlemlenmekteken; en düşük alınabilir bakır oranı PHB-A8 (2.03 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark %5 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.11).



Şekil 4.33.Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Cu kapsamına etkileri

Uygulamaların rizosfer toprağı üzerinde alınabilir demir değerlerine ait grafik Şekil 4.34'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde alınabilir demir oranı en yüksek PNB-B3 (6.77 ppm) ve Kontrol 2 (6.70 ppm) uygulamalarında olurken alınabilir demir oranı en düşük uygulama PHB-A8 (6.11 ppm) uygulamasına aittir. Uygulamalar istatistiksel açıdan incelendiğinde (%0.1) önemli fark bulunmuştur (Çizelge 4.11).



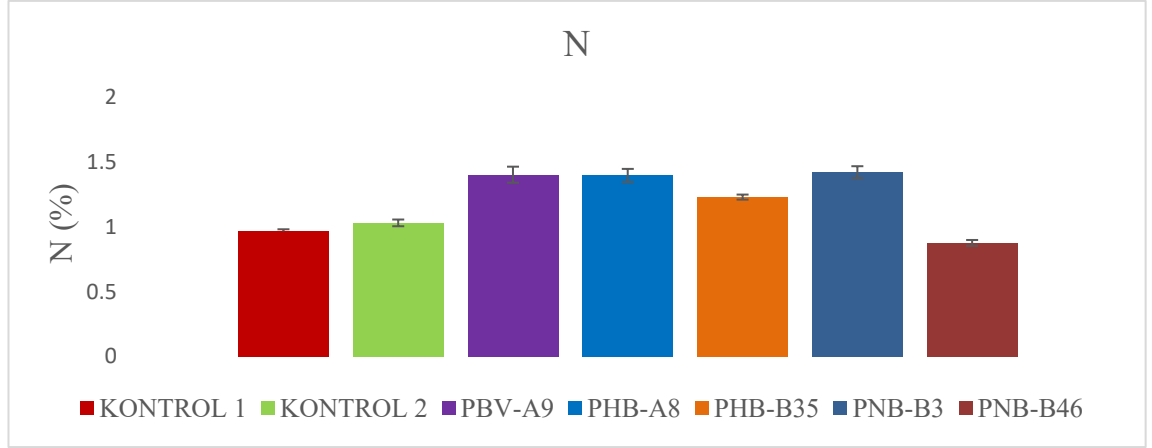
Şekil 4.34.Uygulamaların rizosfer toprağındaki Alınabilir Fe kapsamına etkileri

Turan vd. (2004) domates bitkisinde fosfat çözücü bakterisi (*Bacillus megatarium*) verim ve fosfor alınımı üzerine incelemesini yaptıkları çalışmada fosfat çözen bakterinin bitkide verim ile fosfor, demir, çinko ve bakır alınımını da artırdığını saptamışlardır. Çakmakçı (2005) fosfat çözücü bakterisi olan bacillus'ların bitki gelişimine etkisini araştırdığı çalışmada bakterisi uygulamalarının fosfor, potasyum, magnezyum ve demir alınımını artırarak bitki gelişimini teşvik ettiğini bildirmiştir. Rizosfer dışı torakta PBV-A9 ve PHB-A8 izolatlarının demir, mangani bakır ve çinko içeriği bakımından en yüksek içeriğe sahip uygulamalar olduğu görülürken rizosfer bölgesi toprağında PNB-B3, PNB-B46 ve PBVA9 izoaltlarının en yüksek besin içeriğine sahip uygulamalar olduğu gözlenmiştir. Özellikle rizosfer bölegesini topraktaki besin içerikleri düşünülduğünde de bu dört izolatın etkinliğinin Turan vd. (2004) ile Çakmakçı (2005) de yaptıkları çalışmalar ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

4.4.Bitkilerin Makro – Mikro Besin Elementlerine İlişkin Değerleri

4.4.1.Toplam azot

Uygulamaların bitkilerin toplam azot kapsamlarına etkileri Şekil 4.35'de gösterilmiştir. Şekil incelediğinde azot içeriği bakımından en yüksek uygulamalar PNB-B3 (%1.42), PBV-A9 (%1.40) ve PHB-A8 (%1.39) olurken azot içeriği en düşük uygulama PNB-B46 (%0.876) olmuştur. Uygulamalar arası fark istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.12).



Şekil 4.35. Uygulamaların bitkinin N kapsamına etkileri

Çizelge 4.12. Uygulamaların bitkilerdeki N, P ve K üzerine etkileri.

| Uygulama | Toplam N (%) | P (%) | K (%) |
|---------------------------|--------------|----------|----------|
| Kontrol 1 | 0.965cd | 0.0116bc | 4.284b |
| Kontrol 2 | 1.030c | 0.129ab | 4.544a |
| PBV-A9 | 1.402a | 0.132a | 3.994c |
| PHB-B35 | 1.122b | 0.119abc | 3.728d |
| PNB-B46 | 0.876d | 0.110c | 4.199b |
| PHB-A8 | 1.398a | 0.118abc | 3.995c |
| PNB-B3 | 1.421a | 0.110c | 3.633d |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | |
| | 35.574*** | 3.449* | 25.09*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

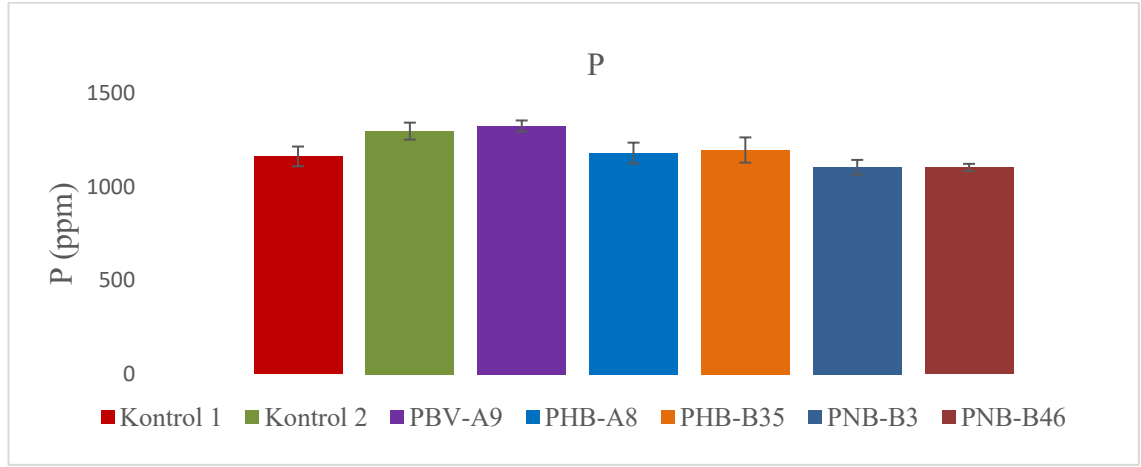
- *** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.
 ** : % 1 düzeyinde önemlidir.
 * : % 5 düzeyinde önemlidir.

Filiz (2020) fosforlu gübre uygulaması ve farklı rizobakterilerin fasulyede verime etkisini araştırdığı çalışmada fosfor dozlarının azot içeriğine etkisinin %5 düzeyinde önemli, bakteri ve fosfor X bakteri etkileşiminin ise %1 düzeyinde önemli olduğunu belirlemiştir. Sağlam (2001) bakteri aşılmasıyla birlikte farklı dozlarda N ve P gübrelemesinin nohut tanesinin N içeriğini artırdığını bildirmiştir. Çalışmamızda PBV-A9, PHB-A8 ve PNB-B3 izolatları uygulanan tüm izolatlar arasında bitkideki azot içeriği bakımından en etkin uygulamalar olmuşlardır. Bu bakteri izolatlarının diğerlerine göre bitkiye daha fazla azot kazandırmalarının muhtemel nedeni bu izolatların azot fikse etme yeteneğine de sahip olma olasılığıdır. Çalışmadan alınan değerlerin Filiz (2020) ve Sağlam (2001)'in çalışması ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

4.4.2. Fosfor

Uygulamaların bitkilerin fosfor içerikleri üzerine etkieri Şekil 4.36'da gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde fosfor kapsamı bakımından en yüksek içeriğe sahip uygulama PBV-A9 ve Kontrol 2 uygulamaları olurken en düşük fosfor içeriği PNB-B46 uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulamaların bitkideki fosfor üzerine istatistiki açıdan

%5 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.12).

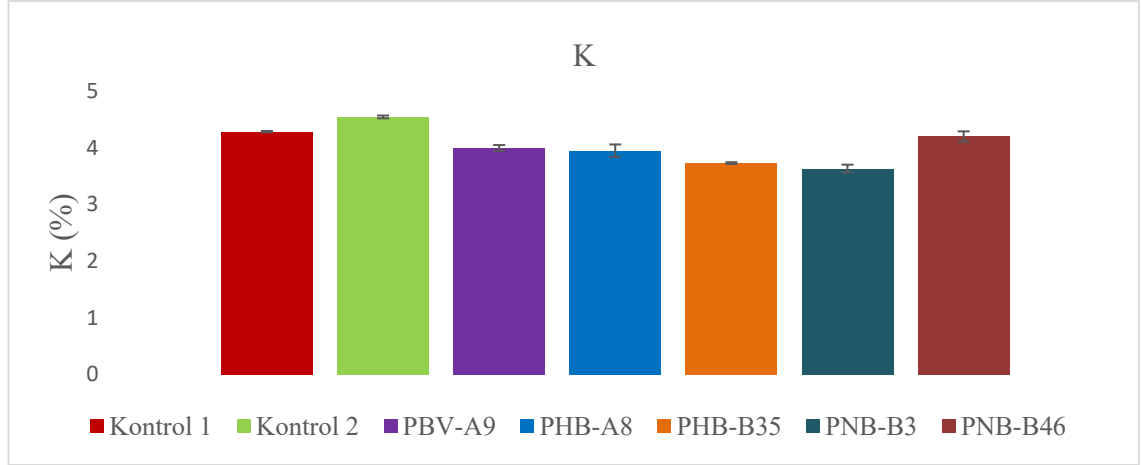


Şekil 4.36.Uygulamaların bitkinin P kapsamına etkileri

Filiz (2020) yaptığı çalışmada bakteri uygulamaları ve fosfor X bakteri etkileşimlerinin %1 düzeyinde önemli olduğunu tespit etmiştir. Öden (2012) soya bitkisinde bakteri X fosfor uygulamasının tanedeki fosfor miktarını artırdığını bildirmiştir. Çalışmamızda uygulamaların bitkiye kazandırdıkları fosfor miktarları yakın olmakla birlikte PBV-A9 izolatı gerek bakteri izolatları gerekse Kontrol uygulamalarına göre en yüksek fosfat çözme yeteneğine sahip uygulama olmuştur. Fosfor çözme kabiliyeti bakımından en yüksek etkiye sahip olan PBV-A9 izolatının ortamda bulunan diğer mikroorganizmalarla daha iyi ilişki içinde olduğu ya da onlara üstünlük sağlayarak yaşama ihtimalini artırdığı ve bitkiye daha fazla miktarda fosfor kazandırdığı düşünülebilir. Filiz (2020) ve Öden (2012)'nin yaptığı çalışmalara benzer olarak fosfor çözücü bakterilerin bitkinin fosfor içeriğine etkisinin olumlu olduğu görülmüştür.

4.4.3. Potasyum

Uygulamaların bitkilerin potasyum içeriklerine etkileri Şekil 4.37'de gösterilmiştir. En yüksek potasyum içeriğine sahip uygulama Kontrol 2 (%4.54) uygulaması, en düşük potasyum içeriğine sahip uygulama ise PNB-B3 (%3.63) uygulaması olmuştur. Uygulamalar arasındaki fark %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.12).

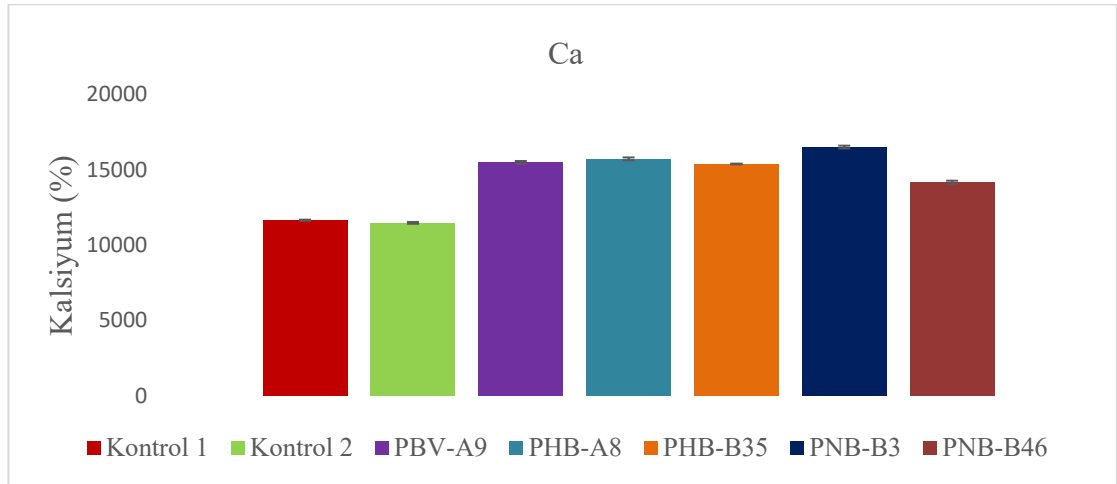


Şekil 4.37.Uygulamaların bitkinin K kapsamına etkileri

Torun (2015), domates bitkisinde mikrobiyal gübre ile yaptığı çalışmada mikrobiyal gübrenin bitkideki K konsantrasyonlarına etkisinin %1 düzeyinde önemli olduğunu tespit etmiştir. Yağmur (2019) yaptığı çalışmada PGPR uygulamalarının potasyum içeriğini artırdığını bildirmiştir. Çalışmamızdaki izolatların potasyum içerikleri birbirine yakın olmakla birlikte en yüksek etki PNB-B46 uygulamasında gözlenmiştir. PNB-B46 izolatının bitkiye potasyum kazandırma etkisi diğer izolatlara göre daha yüksek olup Yağmur (2019)'un yaptığı çalışma ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.4.4. Kalsiyum

Uygulamaların bitkideki kalsiyum değerlerine olan etkisi Şekil 4.38'de gösterilmiştir. Bitkilerde en düşük kalsiyum değeri Kontrol 2 (%1.147) uygulamasında, en yüksek kalsiyum değeri ise PNB-B3 (%1.651) uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark %0.1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).



Şekil 4.38.Uygulamaların bitkinin Ca kapsamına etkileri

Küçükyumuk vd. (2014) yaptıkları çalışmada vermikompost ve mikoriza uygulamasının biber bitkisindeki Ca oranını artırdığını ve istatistiksel olarak önemli

olduğunu belirtmişlerdir. Yine başka bir çalışmada, Altuhaish vd. (2014) mikrobiyal gübrenin bitkinin Ca kapsamı üzerine etkisinin istatistiksel olarak fark oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki veriler incelendiğinde genel olarak bakteri uygulamalarının bitkinin kalsiyum içeriklerine etkilerinin birbirine yakın olduğu görülmüş ve en yüksek artışın PNB-B3 uygulamasıyla elde edildiği belirlenmiştir. PNB-B3 izolatına ait bu artış, bu izolatın bitkiye Ca kazandırma yönünden diğer izolatlarla göre daha avantajlı duruma geçtiğini göstermektedir. Çalışmamızda PNB-B3 izolatının kalsiyum oranındaki artışa etkisinin Küçükyumuk vd. (2014) ve Altunhaish (2014) yaptıkları çalışmalar ile benzerlik içinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Uygulamaların bitkilerdeki Ca, Mg, Na üzerine etkileri.

| Uygulama | Ca (%) | Mg (%) | Na (%) |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Kontrol 1 | 1.165e | 0.392g | 0.297e |
| Kontrol 2 | 1.147e | 0.407f | 0.321d |
| PBV-A9 | 1.548bc | 0.482c | 0.344b |
| PHB-B35 | 1.538c | 0.435e | 0.350c |
| PNB-B46 | 1.416d | 0.455d | 0.346c |
| PHB-A8 | 1.572b | 0.509a | 0.372b |
| PNB-B3 | 1.651a | 0.497b | 0.434a |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | |
| | 611.71*** | 127.71*** | 52.992*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

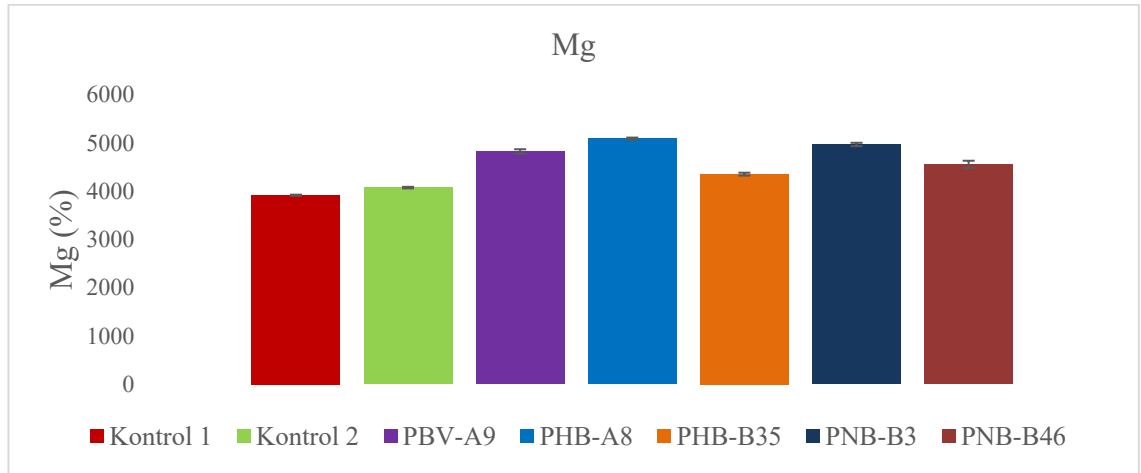
*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

4.4.5. Magnezyum

Uygulamaların bitkilerin magnezyum içeriklerine etkileri Şekil 4.39'da gösterilmiştir. En yüksek magnezyum içeriğinin PHB-A8 (%0.509) uygulamasında, en düşük magnezyum içeriğinin ise Kontrol 1 (%0.392) uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar arasındaki fark magnezyum içeriği bakımından %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).

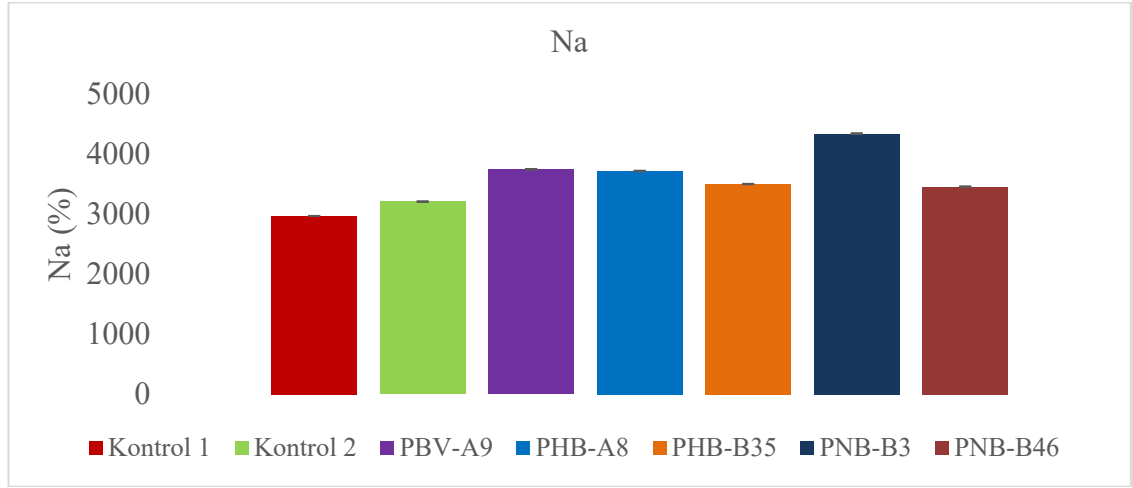


Şekil 4.39. Uygulamaların bitkinin Mg kapsamına etkileri

Mikrobiyal gübreler ile ilgili yapılan bir çalışmada, Tüfenkçi vd. (2006) mikrobiyal gübrelemenin bitkinin magnezyum içeriğine olumlu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda da bakteri uygulamaları bitkilerin magnezyum içeriğini Kontrol uygulamalarına önemli düzeyde artırmış ve en yüksek magnezyum içeriği PHB-A8 uygulaması ile elde edilmiştir. Bakteri izolatlarının kontrol uygulamalarına göre daha fazla magnezyum içeriğine sahip olması nedeniyle Tüfenkçi vd. (2006)'nin yaptıkları çalışma ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

4.4.6. Sodyum

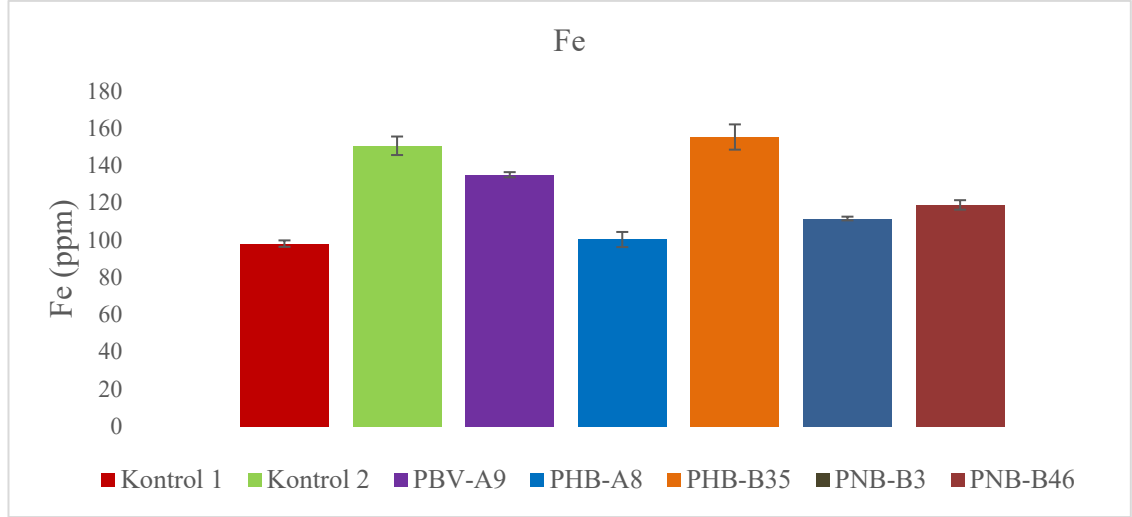
Uygulamaların bitkideki sodyum içerikleri üzerine etkileri Şekil 4.40'de gösterilmiştir. Şekle göre en yüksek sodyum ihtiva eden uygulama PNB-B3 (%0.434) uygulaması olurken, en düşük sodyum değeri Kontrol 1 uygulamasında gözlemlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark sodyum içerikleri bakımından %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.13).



Şekil 4.40. Uygulamaların bitkidenin Na kapsamına etkileri

4.4.7. Demir

Uygulamaların bitkilerin demir içerikleri üzerine etkisi Şekil 4.41'de gösterilmiştir. Şekle göre demir içeriği en yüksek bitki uygulaması PHB-B35 (155.33 ppm) olup, en düşük demir içeriğine sahip uygulama Kontrol 1 (98.13 ppm) olmuştur. Uygulamalar arasındaki fark demir kapsamları bakımından %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14).



Şekil 4.41. Uygulamaların bitkinin Fe kapsamına etkileri

Çizelge 4.14. Uygulamaların bitkilerdeki Fe, Mn, Cu ve Zn üzerine etkileri

| Uygulama | Fe ppm | Mn ppm | Cu ppm | Zn ppm |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Kontrol 1 | 98.13e | 89.38e | 14.51c | 80.45d |
| Kontrol 2 | 150.63a | 95.56cde | 15.77b | 107.01b |
| PBV-A9 | 135.10b | 97.32bcd | 16.78a | 127.26a |
| PHB-B35 | 155.33a | 91.91de | 13.82c | 98.50bc |
| PNB-B46 | 118.90c | 103.96b | 16.75a | 89.51cd |
| PHB-A8 | 100.33de | 124.9a | 15.67b | 93.32bc |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | | |
| | 31.258*** | 29.581*** | 28.805*** | 12.243*** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

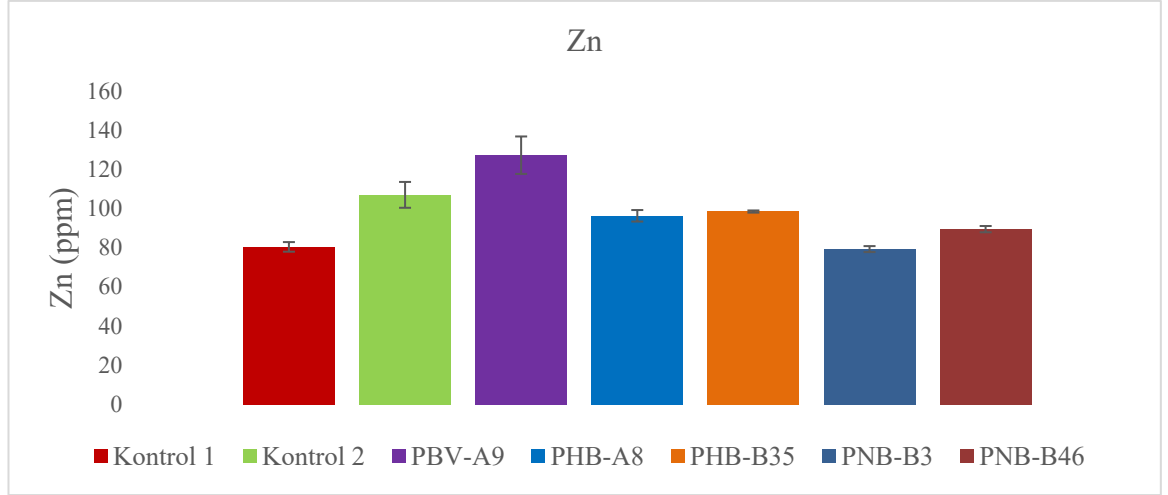
*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

** : % 1 düzeyinde önemlidir.

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

4.4.8. Çinko

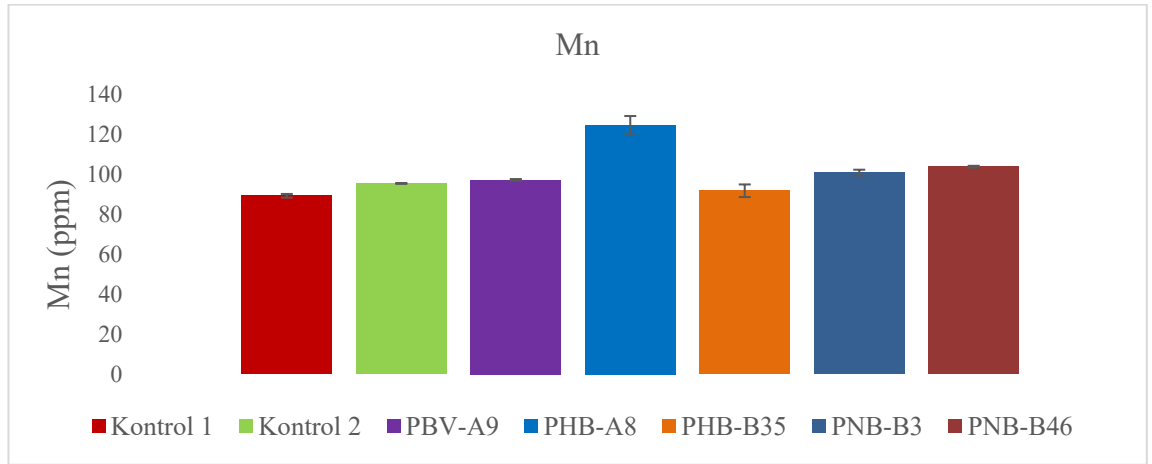
Uygulamaların bitkilerin çinko içerikleri üzerine etkileri Şekil 4.42’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek çinko oranı PBV-A9 (27.26 ppm) olurken en düşük çinko oranı PNB-B3 (79.33 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamalar arası fark %0.1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14).



Şekil 4.42.Uygulamaların bitkinin Zn kapsamına etkileri

4.4.9. Mangan

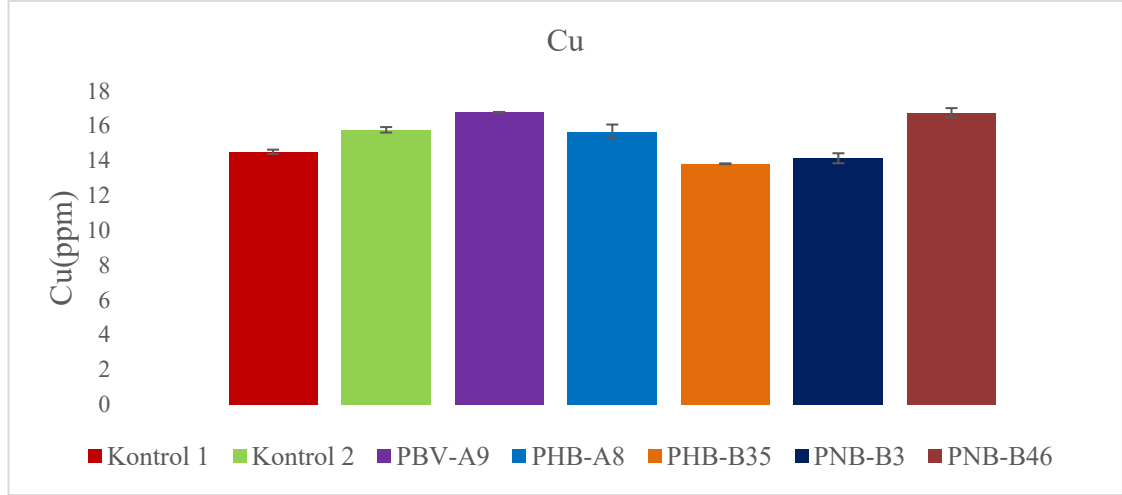
Uygulamaların bitkilerin mangan kapsamlarına etkileri Şekil 4.43’de gösterilmiştir. Şekle göre mangan içeriği en yüksek uygulama PHB-A8 iken, en düşük uygulama ise PHB-B35 uygulaması olmuştur. Uygulamalar arası fark %0.1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14).



Şekil 4.43.Uygulamaların bitkinin Mn kapsamına etkileri

4.4.10. Bakır

Uygulamaların bitkilerin bakır kapsamlarına etkileri Şekil 4.44’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek bakır içeriği PBV-A9 (16.78 ppm) ve PNB-B46 (16.75 ppm) izolatlarının aşılandığı uygulamalarda gözlenirken, en düşük bakır oranı PHB-B35 izolatının uygulandığı aşılama tespit edilmiştir. Uygulamaların bakır kapsamları arası fark %0.1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14).



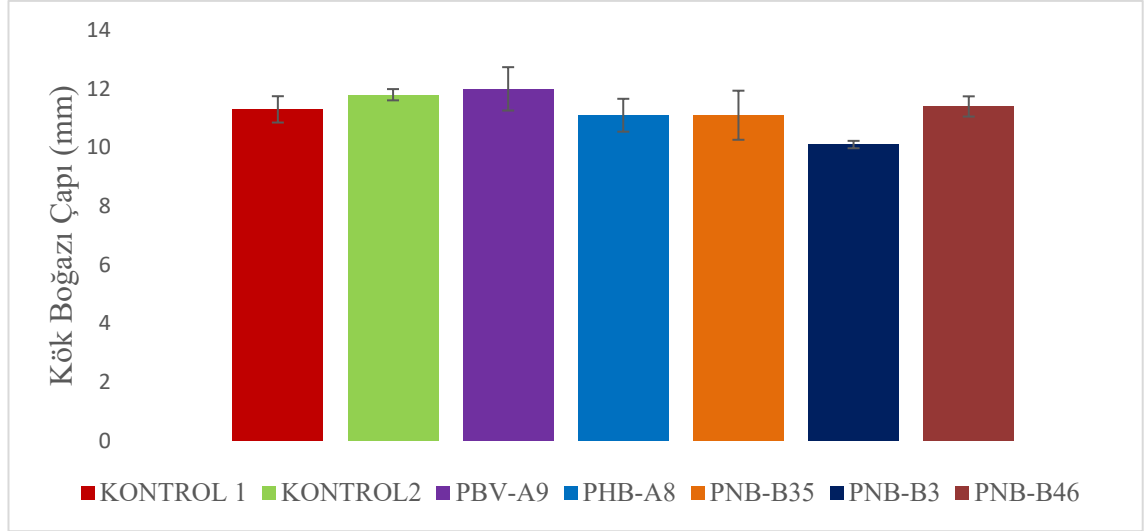
Şekil 4.44.Uygulamaların bitkinin Cu kapsamına etkileri

Khan (2005) yaptığı çalışmada *Pseudomonas* ve *Actinobacter* gibi PGPR bakterilerinin bitkideki Fe, Zn, Mg, Ca, K ve P içeriklerini artırdığını ortaya koymuştur. Uygulamaların Fe, Zn, Mn ve Cu üzerine etkileri incelendiğinde demir içeriği bakımında en etkin izolat PHB-B35; mangan içeriği bakımından PHB-A8; bakır içeriği bakımından PBV-A9 ve PNB-B46 ve çinko içeriği bakımından en etkin izoaltın PBV-A9 izolatı olduğu olduğu görülmüştür. İzolatların bitkiye kazandırdıkları mikrobesein elementlerinin etkileri incelendiğinde Khan (2005) de yaptığı çalışma ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

4.5.Bitki Fiziksel Kalite Parametreleri

4.5.1. Kök boğazı çapı

Uygulamaların kök boğaz çapına etkileri Şekil 4.45’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde uygulamalar arası kök boğazı çaplarının birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmekle birlikte en yüksek kök boğazı çapının PBV-A9 uygulanmasında, en düşük kök boğazı çapının ise PNB-B3 uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.15’e göre uygulamaların kök boğazı çapı üzerine etki düzeyleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 4.45. Uygulamaların bitkideki Kök Boğazı Çapı (mm) üzerine etkileri

Çizelge 4.15. Uygulamaların bitkilerdeki Ort. Baş uzunluğu (cm), Kök uzunluğu (cm), Kök boğazı çapı (mm), Yaprak Sayısı (adet), Yaprak Genişliği (cm) üzerine etkileri

| Uygulama | Kök boğazı çapı (mm) | Yaprak Genişliği (cm) | Yaprak Sayısı (adet) | Kök uzunluğu (cm) | Baş uzunluğu (cm) |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| Kontrol 1 | 11.33 | 4.33 | 12.33b | 14.66bcd | 6.00b |
| Kontrol 2 | 11.82 | 6.33 | 16.66a | 15.00bcd | 8.33a |
| PBV-A9 | 11.99 | 4.83 | 16.66a | 16.33ab | 6.16b |
| PHB-B35 | 11.09 | 4.83 | 13.66b | 15.33abc | 5.33b |
| PNB-B46 | 11.44 | 5.66 | 16.66a | 17.00a | 8.33a |
| PHB-A8 | 11.10 | 5.00 | 16.66a | 14.16cd | 7.66a |
| ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5) | | | | | |
| | Ö.D. | Ö.D. | 5.804** | 5.545** | 6.958** |

Aynı harflerle gösterilmeyen değerler arası fark %5 düzeyinde önemlidir.

*** : % 0.1 düzeyinde önemlidir.

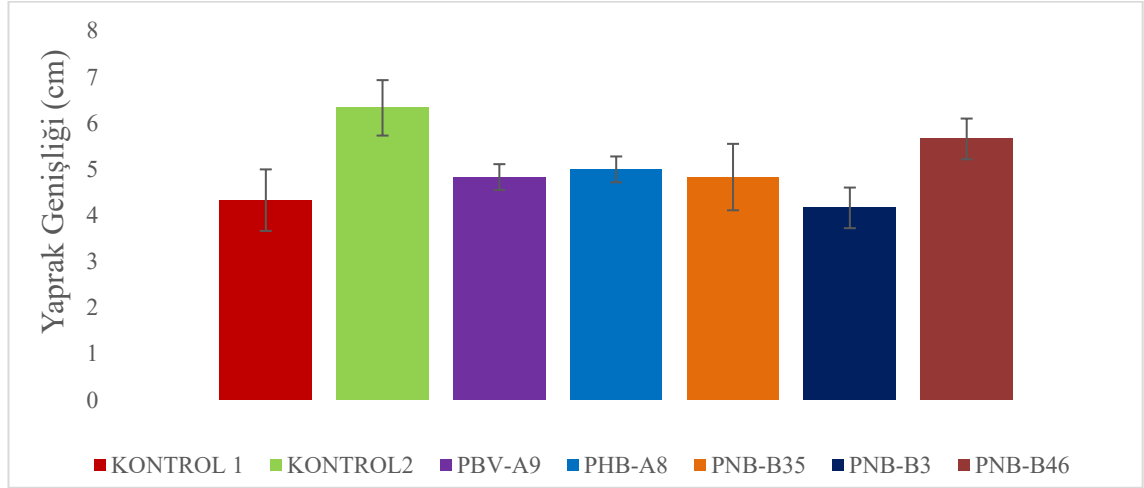
** : % 1 düzeyinde önemlidir

* : % 5 düzeyinde önemlidir.

Alpago (2019) bitki gelişimini uyarıcı kök bakterilerinin marul bitkisinin gelişimine etkisini araştırdığı çalışmada SB29 B. Parabrevis (14.47mm) ve YÖ19 *V.pantothenicus* (12,5mm) uygulamalarının gövde çapına etkisini önemli bulmuş diğer uygulamaların ise gövde çapına etkisini istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmiştir. Yaptığımız çalışma, Alpago (2019)'nun yaptığı çalışmanın aksine gövde çaplarına ait değerlerde önemli bir fark bulunmamıştır.

4.5.2. Yaprak Genişliği

Uygulamaların yaprak genişliğine etkisi Şekil 4.46'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde izolat uygulamalarının yaprak genişliklerinin birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiş olup en geniş yaprak Kontrol 2 uygulamasında iken yaprak genişliği bakımından en dar izolat PNB-B3 uygulamasına ait izolat olmuştur. Uygulamaların yaprak genişliği değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.15).

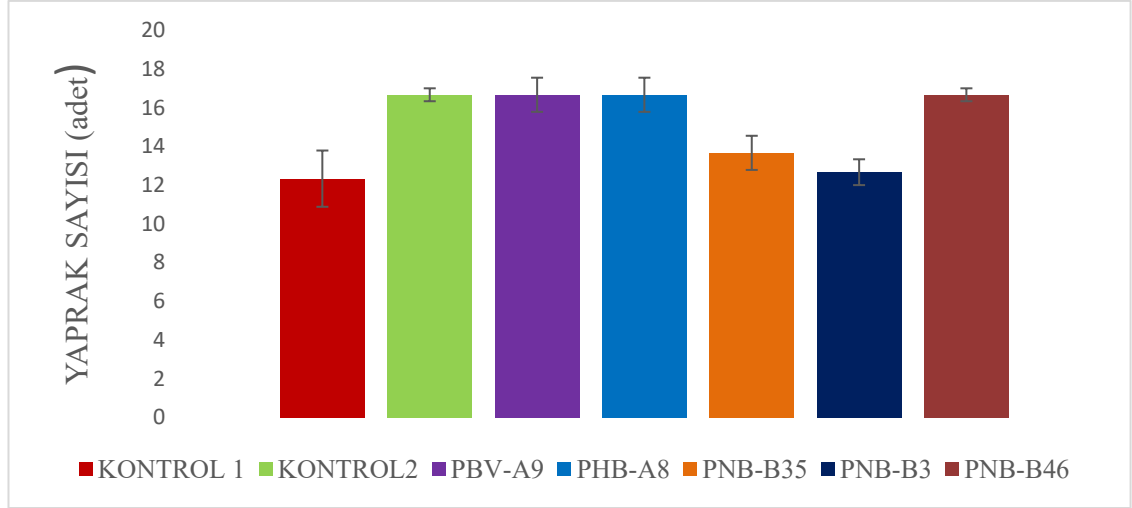


Şekil 4.46.Uygulamaların bitkideki Yaprak Genişliği (cm) üzerine etkileri

Telek vd. (2019) kırmızı biberde farklı PGPR bakterileri ile yaptıkları çalışmada uygulanan PGPR izolatlarının yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni, yaprak yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli olduğunu bildirmiştir. Uygulamaların bitkinin fiziksel parametresi olan yaprak genişliğine etkisi incelendiğinde PNB-B46 uygulaması en etkin izolat olurken diğer izolatlar birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Telek vd. (2019)'nin yaptığı çalışmanın aksine uygulamaların yaprak genişliğine etkisi önemsiz bulunmuştur.

4.5.3. Yaprak sayısı

Uygulamaların yaprak sayılarına etkisi Şekil 4.47'de gösterilmiştir. Uygulamalar arası en yüksek yaprak sayısı PHB-A8, PBV-A9, PNB-B46 ve Kontrol 2 uygulamasında gözlenmiş olup en düşük yaprak sayısı ise Kontrol 1 uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulamalar arası fark %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).

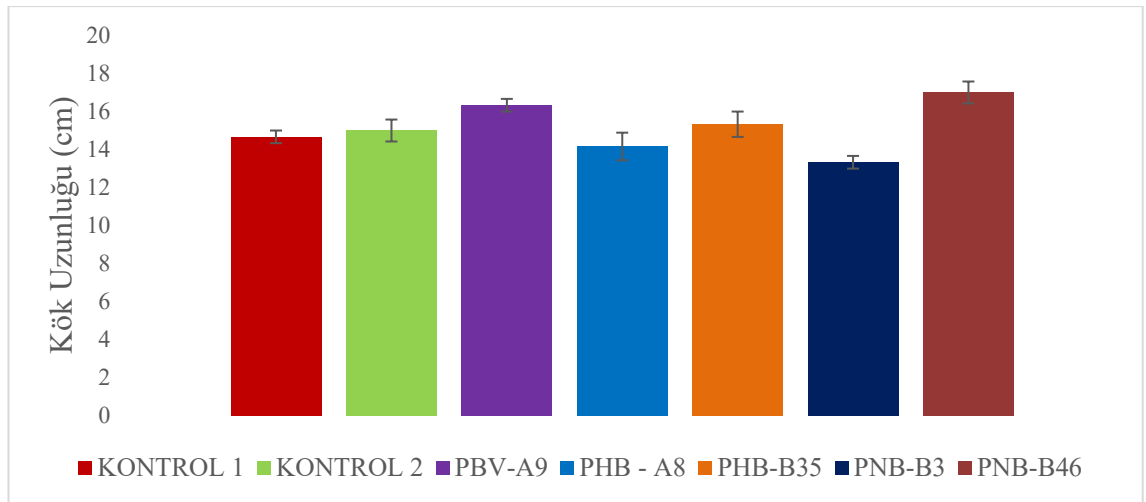


Şekil 4.47.Uygulamaların bitkideki Yaprak Sayısı (adet) üzerine etkileri

Karagöz vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada *Pagglomerans* strainlerinin yaprak sayısında artış neden olduğuna fakat istatistiki açıdan önem arz etmediğini saptamışlardır. Alpago (2019) kök bakterilerinin kıvrıkcık marulda etkisini araştırdığı çalışmasında, bakteri uygulamasının yaprak sayısı değerlerinin gübre ve negatif uygulamalara göre başarılı olduğunu bildirmiştir. Uygulamaların yaprak sayısı üzerine etkisi incelendiğinde, izolatların Kontrol 1 (gübresiz ve bakterisiz) uygulamasına göre yaprak sayısına artışın olumlu etkide bulunduğu ve Alpago (2019) yaptığı çalışma ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

4.5.4. Kök uzunluğu

Uygulamaların kök uzunluğuna etkisine ait değerleri Şekil 4.48’de gösterilmiştir. Kök uzunluğu değeri en yüksek uygulama PNB-B46 iken oransal olarak en düşük kök uzunluğuna sahip uygulama ise PNB-B3 izolatının uygulandığı bitki kökü olduğu görülmüştür. Uygulamalar arası %1 oranında önemli bir fark gözlenmiştir (Çizelge 4.15).

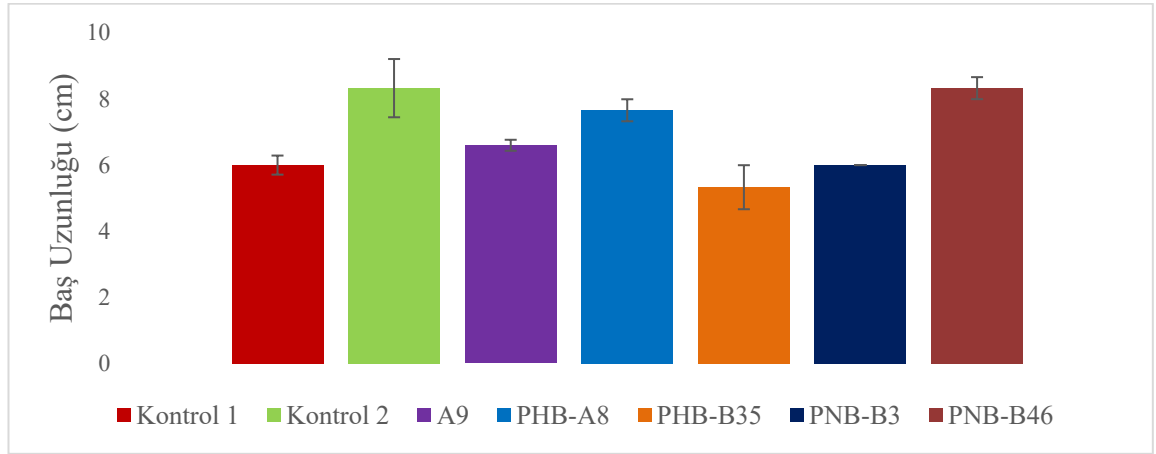


Şekil 4.48.Uygulamaların bitkideki Kök Uzunluğu (cm) üzerine etkileri

Ergün (2020) PGPR ve sıvı vermikompost uygulamasının marul bitkisinin verimine etkisini araştırdığı çalışmada ortalama kök yaş uzunluğu üzerine etkisini istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Uygulamaların kök uzunluğuna etkisi incelendiğinde Çizelge 4.15’de görüldüğü gibi PBV-A9, PHB-B35 ve PNB-B46 uygulamaları önemli bulunmuş olup en yüksek kök uzunluğuna sahip uygulama PNB-B46 uygulaması olmuştur. Ergün (2020) yaptığı çalışmaya benzer olarak uygulamaların kök yaş uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

4.5.5. Baş uzunluğu

Uygulamaların bitkideki baş uzunluklarına etkisi Şekil 4.49’da gösterilmiştir. En yüksek baş uzunluğu PNB-B46 ve Kontrol 2 uygulamalarında görülürken en düşük baş uzunluğu ise PHB-B35 uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulamalardaki baş uzunluğu değerleri %0.1 oranında önemli bulunmuştur (Çizelge 4.15).



Şekil 4.49. Uygulamaların bitkideki Baş Uzunluğu (cm) üzerine etkileri

Yıldız (2019) farklı baş salata çeşitlerinde PGPR bakteri uygulamalarının verim ve kaliteye etkisini araştırdıkları çalışmada, PGPR bakterilerinin salata baş yüksekliğinin kıvrıkcık marul çeşidinde istatistiki açıdan $p \leq 0.001$ oranında önemli bir fark tespit etmiştir. Malkoçlu (2016) baş salatada *Bacillus subtilis* uygulamasının tohum çimlenme oranını artırdığı fakat baş yüksekliğine etkisinin istatistiki açıdan önemsiz bulmuştur. Uygulamaların bitkilerin baş uzunluğuna etkisi incelendiğinde PHB-A8, PNB-B46 ve Kontrol 2 uygulaması istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup, en yüksek baş uzunluğuna sahip izolat uygulaması PNB-B46 olmuştur. PNB-B46 uygulamasının baş yüksekliğine olumlu etkisi Yıldız (2019) yaptığı çalışma ile uyum içinde olduğunu göstermiştir.

5. SONUÇLAR

Kimyasal gübrelerin kullanımının uzun vadede çevre-su-toprak kirliliğine sebep olduğunu fark eden birçok ülke bitki gelişimini ve verimi artırmak adına alternatif kaynak arayışına yönelmişlerdir. Son zamanların alternatif yaklaşımı PGPR bakterileri olmuştur. PGPR bakterileri hali hazırda sağlıklı ve zengin içeriğe sahip topraklardan izolasyon ve saflaştırma yöntemleriyle alınıp bitkilerin kök bölgelerine aşılansıyla bitki ve toprağın mevcut durumuna yarar sağlaması beklenen organizma olarak tanımlanabilir.

Mikroorganizmaların doğal ortamlardan izole edilerek bunların mikrobiyal gübre olarak kullanılabilme potansiyellerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar uluslararası literatürde bulunmaktadır. Türkiye de dahil olmak üzere birçok ülkede mikrobiyal gübreler ticari olarak satılmaktadır. Ancak, ülkemiz yerli kaynaklarından mikrobiyal gübre olabilecek organizmaların elde edilmesi ve bunların değerlendirilmesi konusunda kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunun bir sonucu olarak da tarım sektöründe ticari olarak satış aşamasına gelmiş yerli mikrobiyal gübre sayısı fevkalade düşüktür. Ülkemiz lokasyonlarından elde edilen yerli izolatlardan oluşturulacak biyoformulasyonların yurt dışından satın alınan mikrobiyal ürünlere göre daha avantajlı olacağı ve rekabette önemli üstünlüklere sahip olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda ülkemiz tarımında ihtiyaç duyulan mikrobiyal ürünlerin dışarıdan satın alınması yerine kendi öz kaynaklarımızın değerlendirilmesi gerekmektedir. Diğer yandan, ulusal ve uluslararası literatür incelendiğinde vermikomposttan elde edilen fosfat çözücü bakteri türleri ve bunların mikrobiyal gübre potansiyelleri ile ilgili kapsamlı bir çalışmanın bulunmadığı görülmektedir. Bu çalışma, bu bilgi boşluğunu doldurmak üzere hazırlanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, incelemesini yapmış olduğumuz toprağın biyolojik özellikleri bakımından üç izolat ön plana çıkmıştır. Bunlardan ilki PNB-B3 izolatı olup rizosfer toprağında mezofilik bakteri sayısı ve üreaz enzim aktivitesini diğer uygulamalara göre daha yüksek düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. PHB-A8 uygulamasının rizosfer dışı toprakta β -Glikosidaz enzim aktivitesini, rizosfer toprağında ise diğer uygulamalara nazaran dehidrogenaz enzim aktivitesini en yüksek oranda arttıran uygulama olduğu tespit edilmiştir. PBV-A9 uygulamasının rizosfer dışı toprakta dehidrogenaz enzim aktivitesini en çok arttıran izolat olduğu görülürken rizosfer bölgesinde alkali fosfataz aktivitesini en çok arttıran uygulama olmuştur.

Toprak besin elementi bakımından incelediğinde rizosfer dışı toprakta dört izolatın etkin olduğu görülmekle birlikte bunlardan PBV-A9 ve PHB-A8 izolatlarının etkinliği daha dikkat çekici olmuştur. PBV-A9 uygulamasının rizosfer dışı toprakta kalsiyum ve demir oranını en çok arttırdığı görülürken PHB-A8 uygulamasının rizosfer dışı toprağın azot, sodyum, çinko, bakır ve mangan kapsamını en çok arttıran uygulama olduğu tespit edilmiştir. PNB-35 uygulamasının fosfor kapsamını, PNB-B3 uygulamasının ise potasyum kapsamını en çok arttıran uygulama olduğu belirlenmiştir. PNB-B46 uygulamasının rizosfer dışı toprakta biyolojik parametreler ve bitki besin element kapsamı açısından çak etkili olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çalışma kapsamı boyunca ortamda yetiştirilen bitkilerin besin içerikleri ve kalite parametreleri açısından değerlendirmeye alınmış olup en yüksek bitki besin elementi ihtiva eden marul bitkisi PBV-A9 uygulamasının yapılmış olduğu bitki olmakla birlikte

fosfor, çinko ve bakır bakımından en yüksek içeriğine sahip uygulama olmuştur. Bitki kalite parametreleri açısından değerlendirildiğinde kök boğazı çapı en yüksek uygulama olmuştur. PNB-B3 uygulamasının bitkide azot, kalsiyum, sodyum değerlerini en yüksek düzeyde arttırdığı fakat bitki-kalite parametreleri bakımından etkili olmadığı kalite parametrelerinden yaprak sayısını en çok artıran uygulama olduğu görülmüştür. PHB-B35 uygulaması bitkinin demir kapsamını en çok arttıran uygulama olmuştur. PNB-B46 izolatu, bitki besin maddesi kapsamı açısından etkili olmamasına rağmen kök uzunluğu ve baş uzunluğu üzerinde en etkili izolat olmuştur.

Tüm bu bulgular birlikte incelendiğinde uygulanan bazı izolatların toprağın biyolojik ve kimyasal parametreleri ile bitki üzerinde olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda rizosferde PBV-A9, PNB-B3 ve PNB-B46 ön plana çıkan izolatlar olurken, bitkide PBV-A9, PHB-A8 ve PNB-B3 izolatları en etkili izolatlar olmuştur. PNB-B3 ve PBV-A9 izolatlarının rizosfer bölgesine daha iyi uyum sağlayabildiği, hem toprak ve hem de bitkiye etkileri açısından değerlendirildiğinde mikrobiyal gübre potansiyellerinin yüksek olabileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, bu izolatların potansiyellerinin tam olarak anlaşılabilmesi için, farklı bitkiler ile farklı tarla ve sera koşullarında ve birden çok yetiştiricilik dönemini kapsayacak çalışmaların yapılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Alagawadi A. R. and Gaur A. C. 1992. Inoculation of *Azospirillum brasilense* and Phosphate solubilizing bacteria on yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in dry land. *Trop Agric* 69, 347–350.
- Alpago, Ö., 2019, Bitki gelişimini uyaran kök bakterilerinin (PGPR) kıvrıkcık marul (*Lactuca sativa* var. *Crispa*) yetiştiriciliğine etkisi. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Altuhaish, A., Tjahjoleksono, H. and A., 2014, Biofertilizer Effects in Combination with Different Drying System and Storage Period on Growth and Production of Tomato Plant Under Field Conditions, Emir. J. *Food Agricultural*, 26 (8): 716-722.
- Arancon NQ, Edwards CA, Bierman P, Metzger JD, Lee S, Welch C (2003) Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia* 47: 731-735.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology*, 97: 831-840.
- Arshad, M. and Frankenberger, W.T.Jr., 1998. Plant growth-regulating substances in the rhizosphere. Microbial production and functions. *Adv Argon* 62, 46-151.
- Aslantas, R., Cakmakci, R., Sahin, F., 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. *Sci. Hortic.*, 111: 371-377.
- Banik, S. and Dey, B.K., 1982. Available phosphate content of an alluvial soil in influenced by inoculation of some isolated phosphatesolubilizing microorganisms. *Plant Soil* 69, 353– 364.
- Banik, S. and Ninawe, A., 1988. Phosphate solubilising microorganism in water an sediments of a tropical estuary and the adjacent coastal Arabian Sea, in relation to there physicochemical properties. *J Indian Soc Coast Agric Res* 6, 75–83.
- Bashan, Y. and Levanony, H. 1991. Alterations in membrane potential and in proton efflux in plant roots induced by *Azospirillum brasilense*. *Plant Soil* 137, 99–103.
- Belimov, A. A., Kojemiakov, P. A. and Chubarliyeva, C. V. 1995. Interaction between barley and mixed cultures of nitrogen fixing and phosphatesolubilizing bacteria. *Plant Soil* 173, 29–37.
- Benitez, E., Melgar, R., Sainz, H., Gomez, M. And Nogales, R. 2000. Enzyme activities in rizosphere of pepper (*Capsicum annum*, L.) grown with olive cake mulches. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 1829-1835.
- Biswas, J. C., Ladha, J. K. and Dazzo, F. B. 2000a. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. *Soil Sci Soc Am J* 64, 1644-1650.
- Biswas, J. C., Ladha, J.K. Dazzo, F.B., Yani, Y.G. and Rolfe, B.G. 2000 b. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. *Agron. J.* 92, 880-886.
- Bremner, J. M., & BLACKMER, A. M. (1978). Nitrous oxide: emission from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. *Science*, 199(4326), 295-296.

- Broadbent, P., Baker, K.F. Franks, N. and Holland, J. 1977. Effect of *Bacillus* spp. On increased growth of seedlings in steamed and in nontreated soil. *Phytopathology* 67, 1027–1034.
- Brown, M.E, 1974. Seed and root bacterization. *Annu Rev Phytopatol* 12,181–197
- Burr, T.J. Schroth M.N. and Suslow, T. 1978. Increased potato yields by treatment of seedpieces with specific strains of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*. *Phytopathology*, 68, 1377–1383.
- Capper, A.L. and Campbell, R. 1986. The effect of artificially inoculated antagonistic bacteria on the prevalence of take-all disease of wheat in field experiment. *J Appl Bacteriol* 60.155–160.
- Cattelan, A.J., Hartel, P.G., Fuhrmann, J.J., 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. *Soil Sci Soc Am J*, 63, 1670-1680.
- Chabot, R., Hani, A. and Cescas, P.M., 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphatesolubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. *phaseoli*. *Plant Soil*. 184 311–321.
- Christiansen-Weneger, C. 1992. N₂-fixation by ammonium-excreting *Azospirillum brasilense* in auxin-induced tumours of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biol Fertil Soils* 12-85–100.
- Cunningham, J. E., & Kuiack, C. (1992). Production of citric and oxalic acids and solubilization of calcium phosphate by *Penicillium bilaii*. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(5), 1451-1458.
- Çakmakçı, R. ve Erdoğan, Ü., 2005. Organik Tarım. Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu DersYayınları: 2, Ders Kitabı, Ankara.
- Çakmakçı, R., 2005.Bitki Gelişimini teşvik eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 36 (1): 97-107.
- Çakmakçı, R., Kantar, F. and Algur, Ö.F. 1999. Şuğar beet and barley yield in relatio to *Bacillus polymxa* and *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum* inoculation. *J Plant Nutr Soil Sci*, 162, 437-442.
- Çakmakçı, R., Kantar, F. and Şahin, F. 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of şuğar beet and barley. *J Plant Nutr Soil Sci*, 164, 527531.
- Data, M., Banish, S. and Dupta, R.K. 1982. Studies on the efficacy of a phytohormone producing phosphate solubilizing *Bacillus firmus* in augmenting paddy yield in acid soils of Nagaland. *Plant Soil*, 69, 365–373.
- Doan TT, Bouvier C, Bettarel Y, Bouvier T, desTureaux H, Janeau JL, Lamballe P, Van Nguyen B, Jouquet P 2014. Influence of Buffalo Manure, Compost, Vermicompost and Biocharamendments on Bacterial and Viral Communities in Soil and Adjacent aquatic Systems. *Applied Soil Ecology* 73: 78– 86
- Döbereiner, J., 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. *Soil Biol Biochem*, 29, 771-774.
- Durmuş ve Kızılkaya, (2016) Kombu çayı (Kombucha) ve kombu çayı üretim artışı karışık mikroorganizma kültürünün buğday bitkisinin verimi ile toprakların

- dehidrogenaz ve katalaz aktivitesi üzerine etkisi. *Journal of soil science and plant nutrition Issue*, 75 – 82.
- Durukan, H., Demirbaş. A., Tutar, U., 2019. The Effects of Solid and Liquid Vermicompost Application on Yield and Nutrient Uptake of Tomato Plant. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 7(7): 1069-1074.6+
- Ergene, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları, Atatürk Üniv. Yay. No:586, Zir. Fak. Yay. No:267, Ders Kitapları Serisi No:42.
- Ergün, R., 2020, Bitki Gelişimini Uyarıcı Rizobakteri (PGPR) ve Sıvı Vermikompost Uygulamalarının Marul Bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. EGE Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Fallik, E., & Okon, Y. (1996). Inoculants of *Azospirillum brasilense*: biomass production, survival and growth promotion of *Setaria italica* and *Zea mays*. *Soil Biology and Biochemistry*, 28(1), 123-126.
- Fernández, H.M., Carpena, A.O. and Cadakia, L.C. 1984. Evaluacion de la solubilizacion del fósforo mineral en suelos calizos por *Bacillus cereus*. Ensayos de invernadero. *Anal Edaf Agrobiol* 43, 235–245.
- Filiz, O., 2021, Farklı Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakteriler ve Fosforlu Gübre Uygulamalarının Fasülye' nin (*Phaseolus Vulgaris* L.) Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Etkileri. Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Fukui, R., Schroth, M. N., Hendson, M. and Hancock, J. G. and Firestone, M. K. 1994. Growth patterns and metabolic activity of *Pseudomonas* in sugar beet spermospheres: Relationship to pericarp colonization by *Pythium ultimum*. *Phytopathol* 84, 1331-1338.
- Gadd, G. 1999. Fungal production of citric and oxalic acid: Importance of metal specification, physiology and biogeochemical processes. *Adv Microb Physiol* 41, 47-92.
- Garcia C, Fernandez T, Costa F, Cerranti B, Masciandaro G (1992) Kinetics of phosphatase activity in organic wastes. *Soil Biol Biochem* 25:361–365
- Gaur, A.C. and Ostwal, K.P., 1972. Influence of phosphate dissolving Bacilli on yield and phosphate uptake of wheat crop. *Indian J Exp Biol* 10, 393–394.
- Germida, J.J. and Walley, F.L. 1997. Plant growthpromoting rhizobacteria alter rooting patterns and arbuscular mycorrhizal fungi colonization of field-grown spring wheat. *Biol Fertil Soil*, 23, 113-120.
- Glick, B.R, Changping, L. Sibdas, G. and Dumbroff, E.B. 1997. Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomona putida* GR12-2. *Soil Biol Biochem* 29, 1233–1239.
- Goldstein, A.H, 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *Am J Altern Agric* 1, 51–57.

- Goldstein, A.H., 1995. Recent progress in understanding the molecular genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by gram negative bacteria. *Biol Agric Hort* 12, 185-193.
- Goldstein, A.H., Rogers, R.D. and Mead, G. 1993. Mining by microbe. *Bio/Technology* 11, 1250– 1254.
- Gunes, A., Karagoz, K., Turan, M., Kotan, R., Yildirim, E., Cakmakci, R. ve Sahin, F., 2015. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth. *Research Journal of Soil Biology*, 7, 28-45.
- Gyaneshwar, P., Kumar, G.N, Parekh, L.J., Poole, P.S. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant and Soil*. 245, 83-93.
- Gyaneshwar, P., Kumar, G.N., Parekh, L. J, 1998. Effect of buffering on the phosphate-solubilizing ability of microorganisms. *W J Microbiol Biotchnol* 14, 669-673.
- Hadler, A.K. and Chakrabartty, P.K. 1993. Solubilization of inorganic phosphate by Rhizobium. *Folia Microbiol* 38, 325–330. Hadler, A.K., Mishra, A.K. Bhattacharyya P. And Chakrabartty, P.K. 1990. Solubilization of rock phosphate by Rhizobium and Bradyrhizobium.. *J Gen Appl Microbiol* 36, 81–92.
- Hadler, A.K., Mishra, A.K. Bhattacharyya P. and Chakrabartty, P.K. 1990. Solubilization of rock phosphate by Rhizobium and Bradyrhizobium.. *J Gen Appl Microbiol* 36, 81–92.
- Haktanır, K. (1973). Ankara Şartlarında Nadas-Buğday-Baklagil Ekim Nöbetinin Önemli Toprak Enzimlerinin Aktiviteleri Üzerine Etkileri. *AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 613.
- Hall, J.A., Pierson, D., Ghosh S. and Glick, B.R. 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. *Isr J Plant Sci* 44, 37–42.
- Huadan Lu, Zhansheng Wu, Wenfei Wang, Xiaolin Xu, Xiaochen Liu, "Rs-198 Liquid Biofertilizers Affect Microbial Community Diversity and Enzyme Activities and Promote *Vitis vinifera* L. Growth", *BioMed Research International*, vol. 2020, ArticleID 8321462, 10 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8321462>
- Illmer, P. and Schinner, F. 1992. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soil. *Soil Biol Biochem* 24, 389–395.
- Jat, R.S. and Ahlawat, I.P.S. 2006. Direct and Residual Effect of Vermicompost, Biofertilizers Phophorus on Soil Nutrient Dynamics and Productivity of Chickpea-Fodder Maize. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28 (1): 41-54.
- Jones, D.L. and Darrah, P.R. 1994. Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere. *Plant Soil* 166, 247–257.
- Kapulnik, J., Gafny, R. and Okon, Y. 1985. Effect of Azopirillum spp. inoculation on root development and NO₃ uptake in wheat (*Triticum aestivum* cv. Miriam) in hydroponic systems. *Can J Bot* 63, 627–631.
- Kapulnik, Y., & Okon, Y. (2002). Plant growth promotion by rhizosphere bacteria. In *Plant Roots* (pp. 1344-1368). *CRC Press*.

- Karagöz, K., Kotan, R., 2010. Bitki gelişimini teşvik eden bazı bakterilerin marulun gelişimi ve bakteriyel yaprak lekesi hastalığı üzerine etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(2), 165-179
- Karlıdağ, H., Eşitken, A., Turan, M. and Sahin, F., 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. *Scientia Horticulturae*, 114 16–20.
- Karthikeyan, B., Joe, M.M., Jaleel, C.A. and Deiveekasundaram, M., 2010 Effect of Root Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) On Plant Growth, Alkaloid Content And Nutrient Control Of Catharanthus Roseus (L.). *G. Don.Nat. Croat.*, 19(1): 205–212.
- Khan, A.G., 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *J Trace Elements Med Biol*, 18:355–364
- Kıran S. 2019. Effects of Vermicompost on Some Morphological, Physiological and Biochemical Parameters of Lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) under Drought Stress. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca*, 47(2):352-358
- Kızıloğlu, T., Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, 1995. Atatürk Üniv. Zir. Fak.Yay. No:180
- Kim, K. Y, Jordan D. and McDonald G. A., 1998. Enterobacter agglomerans, phosphate solubilizing bacteria, and microbial activity in soil: Effect of carbon sources. *Soil Biol Biochem* 30, 995-1003.
- Kloepper, J.W., Lifshitz, K. and Zablutowicz, R.M. 1989. Free-living bacteria inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol* 7, 39–43.
- Kloepper, J.W., Lifshitz, K. and Schroth, M.N. 1988. Pseudomonas inoculants to benefit plant production. *ISI Atlas Sci Anim Plant Sci*, 60–64.
- Kloepper, J.W.1994. Plant growth promoting bacteria (other systems). In: J. Okon Editor, Azospirillum/Plant Association CRC Press, Boca Raton, FL, 137–154.
- Kop Durmuş T., 2017. Farklı pH değerlerine sahip topraklara organik düzenleyici uygulamalarının dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri. Atatürk Univ., J. of the Agricultural Faculty, 49 (1): 21-27 , 2018 ISSN : 1300-9036
- Kucey, R. M. N., Janzen, H. H. and Legett, M. E. 1989. Microbially mediated increases in plant available phosphorus. *Adv Agron* 42, 199-228.
- Kumar, V. and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by Azotobacter chroococcum. *Biol Fert Soils*, 28, 301-305
- Kumari, M.S.S. and Ushakumari, K. 2002. Effect of Vermicompost Enriched With Rock Phosphate on the Yield and Uptake of Nutrients in Cowpea (*Vigna Unguiculata* L. Walp). *Journal of Tropical Agriculture*, 40: 27-30.
- Kundu, B.S. and Gaur, A.C. 1984. Rice response to inoculation with N₂-fixing and P-solubilizing microorganisms. *Plant Soil* 79, 227–234.

- Küçükyumruk, Z., Gültekin, M. ve Erdal, Ğ., 2014, Vermikompost ve Mikorizanın Biber Bitkisinin Gelişimi ile Mineral Beslenmesi Üzerine Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (1): 51- 58.
- Leyval, C. and Berthelin, J. 1989. Interaction between *Laccaria laccata*, *Agrobacterium radiobacter* and beech roots: Influence on P, K, Mg, and Fe mobilization from minerals and plant growth. *Plant and Soil* 117, 103-110.
- Lifshitz, R., Kloepper, J.W., Kozlowski, M., Simonson, C., Carlson, J., Tipping E.M. and Zalesca, I. 1987. Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of *Pseudomonas putida* under gnotobiotic conditions. *Can J Microbiol* 33, 390–395.
- Lima, J. A., Nahas, E. and Gomes, A. C. 1996. Microbial populations and activities in sewage sludge and phosphate fertilizer-amended soil. *Appl Soil Ecology* 4, 75-82.
- Liu, T.S., Lee, L.Y., Tai, C.Y., Hung, C.H., Chang, Y.S., Wolfram, J.H., Rogers R. and Goldstein, A.H. 1992. Cloning of an *Erwinia herbicola* gene necessary for gluconic acid production and enhanced mineral phosphate solubilization in *Escherichia coli* HB101. *J Bacteriol* 174, 5814– 5819.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R., 2004. Applications of free living plant growth- promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
- MacDermott, T.R., 1999. Phosphorus assimilation and regulation in Rhizobia. In Nitrogen Fixation in Prokaryotes: Molecular and Cellular Biology. *Ed. EW Triplett. Horizon Sci. Pres USA.*
- Malkoclu, M.C., Tüzel, Y., Öztekin, G.B., Özaktan, H., Yolageldi, L., 2016. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on organic lettuce production. In 3 International Symposium on Organic Greenhouse Horticulture 1164, 265- 272.
- Maltaş A., Tavalı E., Uz İ., Kaplan M., Kırmızı Baş Lahana (*Brassica Oleracea* Var. *Capitata* F. *Rubra*) Yetiştiriciliğinde Vermikompost Uygulaması, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 2017, 30(2), 155-161
- Manuel Tejada, Bruno Rodríguez-Morgado, Patricia Paneque, Juan Parrado, Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield, *European Journal of Agronomy*, Volume 96, 2018 , Pages 54-59, ISSN 1161-0301.
- Martyniuk, S. and Wagner G. M. 1978. Quantitative and qualitative examination of soil microflora associated with different management systems. *Soil Sci* 125, 343-350.
- Maurya B, Singh V, Dhyanı P, Kumar A. 2012. Influence of altitudes on activity of soil health bioindicators β -glucosidase and urease in agricultural soils of Almora district of central Himalaya, *Research Journal of Soil Biology*, 4: 1–9 <https://doi.org/10.3923/rjsb.2012.1.9>
- McGill, W.B. Cannon, K.R. Robertson I.A. and Cook, F.D. 1986. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. *Can J Soil Sci* 66, 1–19
- moni, P. 1992. Effects benefiques de rhizobacteries sur les plantes: exemple des *Pseudomonas* spp. fluorescent. *Argon* 12, 413– 437.

- Monib, M., Hosny, I. and Besada, Y.B. 1984. Seed inoculation of castor oil plant (*Ricinus communis*) and effect on nutrient uptake. *Soil Biol Conserv Biosphere* 2, 723–732.
- Murty, M.G. and Ladha, J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant Soil* 108, 281–285.
- Nahas, E. 1996. Factors determining rock phosphate solubilization by microorganisms isolated from soil. *W J Microbiol Biotechnol* 12, 567-572.
- Nautiyal, C. S., Bhadauria, S., Kumar, P., Lal, H., Mondal, R. and Verma, D. 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. *FEMS Microb Lett* 182, 291-296.
- Ndung'u-Magiroi, K.W., Herrmann, L., Okalebo, J.R., Othieno, C.O., Pypers, P., Lesueur, D., 2011. Occurrence and genetic diversity of phosphate-solubilizing bacteria in soils of differing chemical characteristics in Kenya. *Annals Of Microbiology*, DOI: 10.1007/S13213-011-0326-2.
- Öden, E., 2012, Soya bitkisinde bakteri aşılması, fosfor ve demir uygulamalarının nodülasyon ve N₂ fiksasyonuna etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Antakya/Hatay
- Özen, N. ve Sönmez, S., 2019. Farklı İnkübasyon Dönemlerinde Uygulanan Vermikompostun Marul Bitkisinin Bitki Besin Element İçeriği Üzerine Etkileri. *Mediterr. Agric. Sci.*, 32(Özel sayı): 115-119.
- Öztürk. A., Çağlar, O. and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *J Plant Nutr Soil Sci* 166, 1-5.
- Pal, S. S., 1999. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil*, 213, 221-230.
- Petersen, D. J., Srinivasan, M. and Chanway, C. P. 1996. *Bacillus polymyxa* stimulates increased *Rhizobium etlii* populations and nodulation when co-resident in the rhizosphere of *Phaseolus vulgaris*, *FEMS Microbiol Lett*, 142, 271-276.
- Poi, S. C., 1986. A study of performance of some phosphate-solubilizing microorganisms in presence of some energy sources. *Zentralblatt für Mikr.*, 141, 97-102.
- Rangarajan A Leonard B, Jack A 2008. Cabbage Transplant Production Using Organic Media on Farm. In: Proceedings of National Seminar on Sustainable Environment. N. Sukumaran (Ed). Bharathiar University. Coimbatore. 45-53
- Rodríguez, H., Goire, I. and Rodríguez, M. 1996. Caracterización de cepas de *Pseudomonas solubilizadoras* de fósforo. *Rev ICIDCA* 30, 47– 54.
- Rojas, A., Holguin, G., Glick, B.R. and Bashan, Y. 2001. Synergism between *Phyllobacterium* sp. (N₂-fixer) and *Bacillus licheniformis* (P-solubilizer), both from a semiarid mangrove rhizosphere. *FEMS Microbiol Ecol*, 35, 181-187.
- Sağlam, M., Etkili bakteri (*Rhizobium ciceri*) ile azotlu ve fosforlu gübrelemenin nohut (*Cicer arietinum* L.) bitkisinin verim ve kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

- Salih, H.M., Yahya, A.Y., Abdul-Rahem A.M. and Munam, B.H. 1989. Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock phosphate or superphosphate as affected by phosphate dissolving fungi. *Plant Soil* 120, 181–185.
- Sarig, S., Okon, Y. and Blum, A. 1990. Promotion of leaf area development and fieldin Sorghum bicolor inoculated with Azospirillum brasilense. *Symbiosis* 9, 235–245.
- Schilling, G., Gransee, A. Deubel, A. Ležovič, G. and Ruppel, S. 1998. Phosphorusavailability, root exudates, and microbial activity in the rhizosphere. *Z Pflanzenernähr Bodenk* 161, 465478.
- Seymen, M., Eyce, R., Türkmen, Ö., Paksoy, M., Dönmez, F. M., & Dursun, A. (2013). Bazı Bakteri Aşılımalarının Hıyarın (Cucumis sativus L.) Besin Elementi İçeriğine Etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 27(1), 1-7.
- Sharma RC. Banik P 2014. Vermicompost and Fertilizer Application: Effect on Productivity and profitability of Baby Corn (Zea Mays L.) and Soil Health. *Compost Science & Utilization*, 22: 83–92
- Singh, S. and Kapoor, K.K. 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improve drv matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol Fertil Soil*. 28, 139– Sivan, A. and Chet, I. 1992. Microbial control of plant diseases. In: R. Mitchell Editor, *Environmental Microbiology* Wiley-Liss, New York , 335–354.
- Sinha, J., Biswas, C.K., Ghosh, A. and Saha, A. 2010. Efficacy of Vermicompost against fertilizers on Cicer and Pisum and on population diversity of N₂ fixing bacteria. *Journal of Environmental Biology* 31: 287-292.
- Smith, J.H., Allison F.E. and Soulides, D.A. 1962. Phosphobacteria as a soil inoculant. *Tech US Dept Agricult Bul* 1, 63–70.
- SRIVASTA, B.K., SINGH, M.P., SINGH, S., SHAHI, U.P., SRIVASTA, P. and LATA, S., 2011. Evaluation of INM Options on Crop Performance and Soil Fertility Under Tomato-Green Manure-Brinjal Cropping System. *Indian Journal Of Horticulture*, 1: 66-70
- Stegé PW, Messina GA, Bianchi G, Olsina RA, Raba J. 2010. Determination of β -glucosidase activity in soils with a bioanalytical sensor modified with multiwalled carbon nanotubes, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 397, 1347–1353. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-3634-7>
- Sukhovitskaya, L. A., 1998. Survival rates and growth-stimulating effects of Bacillus megatherium and Arobacterium radiobacter strains introduced into soil. *Appl Biochem Microbiol*, 34, 81-83.
- Sundara, B., Natarajan, V. and Hari, K., 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. *Field Crop Res*, 77 (1), 43-49.
- Suslov, T.V. 1982. Role of root-colonizing bacteria in plant growth. In: M.S. Mount and G.H. Lacy Ed., *Phytopat. Prok. Academic Press*, London, 187– 223.
- Syed, Ibrahim B., 2005. Pollution. Islamic Research Foundation International, Inc. 7102 W. Shefford Lane Louisville, KY 402426462, USA Elektronik (Online) Erişim, http://www.irfi.org/articles/articles_51_100/pollution.htm

- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F. 2004. Şuğar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil* .
- Tarafdar JC, Claassen N (1988) Organic phosphorus compounds as a phosphorus source for higher plants through the activity of phosphatases produced by plant roots and microorganisms. *Biol Fertil Soils* 5:308–312
- Telek, Ü, Akıncı, Ğ. E, Küsek, M. 2019. Rhizobakteri izolatlarının kırmızı biberin (*capsicum annuum* l. verim ve bitkisel özellikleri üzerine etkileri. *Tarım ve Doga Dergisi*, 22(1): 62.
- Tıwari, V. N., Lehri, L. K. and Pathak, A. N. 1989. Effect of inoculating crops with phosphomicrobes. *Exp Agric*, 25, 47-50.
- Torun, S.Ç., 2015, Fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri ile domates bitkisinin gelişimi ve besin maddesi alımı üzerine etkisinin araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tufenkci, S., Erman, M., & Sonmez, F. (2006). Effects of phosphorus and nitrogen applications and Rhizobium inoculation on the yield and nutrient uptake of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* L.) under irrigated conditions in Turkey. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 49(1), 101-105..
- TÜİK,2018. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK),2018. Tük haber bülteni: Türkiye Nüfusu.İlgili site: <http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30709>.
- Turan, M., Ataoglu, N. ve Sezen, Y., 2004, Effects of phosphorus solubilizing bacteria (*Bacillus megaterium*) on yield and phosphorus contents of tomato plant (*Lycopersicon esculentum* L.) III, Proceedings of third national fertilizer congress. *Farming-Industry-Environment* (in Turkish), 939-945.
- Urashima, Y., and Hori K. 2003. Selection of PGPR which promotes the growth of spinach. *Japanese J Soil Sci Plant Nutr* 74, 157-162.
- Uz I, Tavalı I.E., 2014. Short-term effect of vermicompost application on biological properties of an alkaline soil with high lime content from Mediterranean region of Turkey. *The Scientific World Journal*.
- Uz İ, Sonmez S, Tavalı İE, Cıtağ S, Uras DS, Cıtağ S (2016) Effect of vermicompost on chemical and biological properties of an alkaline soil with high lime content during celery (*Apium graveolens* L. var. dulce Mill.)production. *Not Bot Horti Agrobo*, 44(1): 280-290.
- Uz,İ., Sönmez,S.,Tavalı,Cıtağ, S.,Uras,D.S.,Cıtağ, S. 2016.Effect of vermicompost on chemical and biological properties of an alkaline soil with high lime content during celer (*Apium graveolens* L. var. dulce Mill.) production. *Not Bot Horti Agrobo*,44(1):280-290.
- Vassileva, M., Azcon, R., Barea, J. M. and Vassilev, N. 2000. Rock phosphate solubilization by free and encapsulated cells of *Yarrowia lipolytica*. *Proc Bioch*, 35 693-697.

- Vazquez, P., Holguin G., Puente, M. E., Lopez-Cortes A., Bashan Y., 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol Fertil Soils*, 30, 460-468.
- W. T. Frankeberger and J. B. Johanson, "Method of measuring invertase activity in soils," *Plant and Soil*, vol. 74, no. 3, pp. 301-311, 1983.
- Whitelaw, M. A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Adv Agron* 69, 99-151.
- Whitelaw, M. A., Hardenand, T. A. and Bender, G. L. 1997. Plant growth promotion of wheat inoculated with *Penicillium radicum* sp. nov. *Australian J Soil Res* 35, 291-300.
- Xie, H, Pasternak, J.J. and Glick, B.R. 1996. Isolation and characterization of mutants of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 that overproduce indoleacetic acid. *Curr Microbiol* 32, 67-71.
- Xu JG, Johnson RL (1995) Root growth, microbial activity and phosphatase activity in oil-contaminated, remediated and uncontaminated soils planted to barley and field pea. *Plant Soil* 173:3-10
- Yadav, K. And Singh, T. 1990. Effect of *Bacillus megaterium* on the solubilization of phosphatic fertilizers influencing yield and uptake by sugarcane. *Bharatiya sugar*, 15, 15-23.
- Yadav, K. S., and Dadarwal, K. R. 1997. Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. In: *Biot. Appr. Soil Micr. Sust. Crop Prod.* 293-308. *Sci Publis Jodhpur*.
- Yang, L., Li, T., Li, F., Lemcoff, J.H. and Cohen, S. 2008. Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field. *Scientia Horticulturae*, 116: 21-26.
- Yıldız, M.A., 2019. Farklı Baş Salata (*Lactuca sativa* Var. *Capitata*) Çeşitlerinde Pgp Kullanimının Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 48.
- Yılmaz E, Özen N, Özen MÖ (2016) Determination of changes in yield and quality of tomato seedlings (*Solanum lycopersicon* cv. Sedef F1) in different growing media. 2nd International Conference On Science, Ecology and Technology (ICONSETE).

7. EKLER

Ek 1. Rizosfer dışı toprak ve rizosfer toprağındaki tüm uygulamalar arası biyolojik ve kimyasal analizlerin üzerine etkisini gösteren varyans çizelgesi

| Toprak | Analiz türü | Analiz | | Kareler toplamı | df | Ortalama n karesi | F | Sig |
|----------------------|----------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------|-------------------|-------|----------|
| RİZOSFER DIŞI TOPRAK | BİYOLOJİK ÖZELLİKLER | Alkali Fosfataz | Gruplar arasında | 19,841 | 6 | 3,307 | 4,950 | 0,006*** |
| | | | Gruplar içinde | 9,352 | 14 | 0,668 | | |
| | | Toplam | 29,194 | 20 | | | | |
| | | B-Glikosidaz | Gruplar arasında | 29,045 | 6 | 4,841 | 9,544 | 0,000*** |
| | | | Gruplar içinde | 7,101 | 14 | 0,507 | | |
| Toplam | 36,146 | 20 | | | | | | |
| Dehidrogenaz | Gruplar arasında | 4,059 | 6 | 0,676 | 85,47 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 0,111 | 14 | 0,008 | | | | |
| Toplam | 4,169 | 20 | | | | | | |
| Üreaz | Gruplar arasında | 326,156 | 6 | 54,35 | 28,89 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 26,342 | 14 | 1,882 | | | | |
| Toplam | 352,498 | 20 | | | | | | |
| Mezofilik | Gruplar arasında | 0,273 | 6 | 0,46 | 1,840 | 0,163Ö. D | | |
| | Gruplar içinde | 0,347 | 14 | 0,25 | | | | |
| Toplam | 0,620 | 20 | | | | | | |
| RİZOSFER TOPRAĞI | BİYOLOJİK ÖZELLİKLER | Alkali Fosfataz | Gruplar arasında | 22,729 | 6 | 3,788 | 3,724 | 0,020* |
| | | | Gruplar içinde | 14,241 | 14 | 1,017 | | |
| | | Toplam | 36,970 | 20 | | | | |
| B-Glikosidaz | Gruplar arasında | 61,880 | 6, | 10,313 | 5,078 | 0,006** | | |
| | Gruplar içinde | 28,436 | 14 | 2,031 | | | | |
| Toplam | 90,316 | 20 | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------------------|--|---------------------|--|--|----------------------------|-----------------|------------------------|----------|----------|
| RİZOSFER DIŞI TOPRAK | | Dehidrogenaz | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 0.179 0,066 0,245 | 6 14 20 | 0,030 0,005 | 6,346 | 0,002** | |
| | | Üreaz | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 581,78 94,080 675,86 | 6 14 20 | 96,963 6,720 | 14,42 | 0,000*** | |
| | | Mezofilik | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 1,636 0.147 1,783 | 6 14 20 | 0,273 0,010 | 26,03 | | |
| | | KİMYASAL ÖZELLİKLER | EC | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 208476 20651 229127 | 6 14 20 | 34,746 1475,0 95 | 23,55 | 0,000*** |
| | | | pH | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 0.109 0,006 0.115 | 6 14 20 | 0,018 0,000 | 40,99 | 0,000*** |
| | | | N | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 0,006 0,009 0,015 | 6 14 20 | 0,001 0,001 | 1,530 | 0,239 |
| | | | P | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 40,018 16,425 56,443 | 6 14 20 | 6,670 1,173 | 5,685 | 0,004** |
| | | | K | Gruplar arasında Gruplar içinde Toplam | 418,23 57,535 475,75 | 6 14 20 | 69,70 4 4,110 | 16,96 | 0,000*** |

| | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-------|------------------|---------|-------|----------|-------|----------|
| | | Ca | Gruplar arasında | 315922 | 6 | 5265 | 18,30 | 0,000*** |
| | | | Gruplar içinde | 40266 | 14 | 3,76 | | |
| | | | Toplam | 356189 | 20 | 2876,190 | | |
| | | Mg | Gruplar arasında | 3992,5 | 6 | 665,4 | 12,70 | 0,000*** |
| | | | Gruplar içinde | 732,99 | 14 | 1952,3 | 9 | |
| | | | Toplam | 4725,5 | 20 | | | |
| | | Na | Gruplar arasında | 703,710 | 6 | 117,2 | 28,15 | 0,000*** |
| Gruplar içinde | 58,326 | | 14 | 85 | | | | |
| Toplam | 762,036 | | 20 | 4,166 | | | | |
| Fe | Gruplar arasında | 0,489 | 6 | 0,081 | 42,58 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 0,027 | 14 | 0,002 | | | | |
| | Toplam | 0,515 | 20 | | | | | |
| Mn | Gruplar arasında | 5,347 | 6 | 0,891 | 93,76 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 0.133 | 14 | 0,010 | | | | |
| | Toplam | 5,480 | 20 | | | | | |
| Cu | Gruplar arasında | 0.194 | 6 | 0,032 | 11,17 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 0,041 | 14 | 0,003 | | | | |
| | Toplam | 0,235 | 20 | | | | | |
| Zn | Gruplar arasında | 0,583 | 6 | 0,891 | 93,76 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 0,022 | 14 | 0,010 | | | | |
| | Toplam | 0,605 | 20 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|--------|------------------|--------|-------|----------|-------|----------|
| RİZOSFER TOPRAĞI | KİMYASAL ÖZELLİKLER | EC | Gruplar arasında | 149212 | 6 | 24868 | 32,05 | 0,000*** |
| | | | Gruplar içinde | 10860 | 14 | 775 | | |
| | | | Toplam | 160072 | 20 | | | |
| | | pH | Gruplar arasında | 0,046 | 6 | 0,008 | 18,39 | 0,000*** |
| | | | Gruplar içinde | 0,006 | 14 | 0,000 | | |
| | | | Toplam | 0,052 | 20 | | | |
| | | N | Gruplar arasında | 0,013 | 6 | 0,002 | 1.461 | 0,261 |
| | | | Gruplar içinde | 0,020 | 14 | 0,001 | | |
| | | | Toplam | 0.033 | 20 | | | |
| | | P | Gruplar arasında | 55,807 | 6 | 9,301 | 5,786 | 0,003** |
| | Gruplar içinde | 22,506 | 14 | 1,608 | | | | |
| | Toplam | 78,313 | 20 | | | | | |
| K | Gruplar arasında | 337,15 | 6 | 56,192 | 7,886 | 0,001** | | |
| | Gruplar içinde | 99,754 | 14 | 7,125 | | | | |
| | Toplam | 436,90 | 20 | | | | | |
| Ca | Gruplar arasında | 647090 | 6 | 107848 | 16,07 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 93919 | 14 | 6708 | | | | |
| | Toplam | 741009 | 20 | | | | | |
| Mg | Gruplar arasında | 3633 | 6 | 605,57 | 31,49 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 269 | 14 | 19,230 | | | | |
| | Toplam | 3902 | 20 | | | | | |
| Na | Gruplar arasında | 444,12 | 6 | 74,020 | 15,23 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 68,033 | 14 | 4,860 | | | | |
| | Toplam | 512,15 | 20 | | | | | |
| Fe | Gruplar arasında | 0,978 | 6 | 0.163 | 58,01 | 0,000*** | | |
| | Gruplar içinde | 0,039 | 14 | 0.163 | | | | |
| | Toplam | 1,107 | 20 | | | | | |
| | | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|--|----|------------------|-------|----|-------|-------|----------|
| | Mn | Gruplar arasında | 1,992 | 6 | 0,332 | 45,70 | 0,000*** |
| | | Gruplar içinde | 0.102 | 14 | 0,007 | | |
| | | Toplam | 2,094 | 20 | | | |
| | Cu | Gruplar arasında | 0,055 | 6 | 0,009 | 4,139 | 0,013* |
| | | Gruplar içinde | 0,031 | 14 | 0,002 | | |
| | | Toplam | 0,086 | 20 | | | |
| | Zn | Gruplar arasında | 0,074 | 6 | 0,012 | 38,84 | 0,000*** |
| | | Gruplar içinde | 0,004 | 14 | 0,000 | | |
| | | Toplam | 0,078 | 20 | | | |

Ek 2. Bitkilerdeki tüm uygulamalar arası kimyasal analizler ve bitki kalite parametreleri üzerine etkisini gösteren varyans çizelgesi

| Analiz türü | Analiz | | Kareler Toplamı | df | Ortalamaların Karesi | F | Sig |
|-----------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------|----------------------|------------|----------|
| VERİM ve KALİTE | Baş Uzunluğu | Gruplar arasında | 27,833 | 6 | 4,639 | 6,958 | 0,001** |
| | | Gruplar içinde | 9,333 | 14 | 0,667 | | |
| | | Toplam | 37,167 | 20 | | | |
| | Kök uzunluğu | Gruplar arasında | 28,119 | 6 | 4,687 | 5,545 | 0,004** |
| | | Gruplar içinde | 11,833 | 14 | 0,845 | | |
| Toplam | | 39,952 | 20 | | | | |
| Kök Boğazı Çapı | Gruplar arasında | 7,222 | 6 | 1,204 | 1,379 | 0,289Ö.D. | |
| | Gruplar içinde | 12,224 | 14 | 0,873 | | | |
| | Toplam | 19,446 | 20 | | | | |
| Yaprak Sayısı | Gruplar arasında | 76,286 | 6 | 12,714 | 5,804 | 0,003** | |
| | Gruplar içinde | 30,667 | 14 | 2,190 | | | |
| | Toplam | 106,952 | 20 | | | | |
| Yaprak Genişliği | Gruplar arasında | 10,238 | 6 | 1,706 | 2,172 | 0,109 Ö.D. | |
| | Gruplar içinde | 11,000 | 14 | 0,786 | | | |
| | Toplam | 21,238 | 20 | | | | |
| KİMYASAL ÖZELLİKLER (BİTKİ) | N | Gruplar arasında | 0,950 | 6 | 0,158 | 35,574 | 0,000*** |
| | | Gruplar içinde | 0,062 | 14 | 0,004 | | |
| | | Toplam | 1,102 | 20 | | | |
| | P | Gruplar arasında | 134747,95 | 6 | 22457,9 | 3,449 | 0,026* |
| | | Gruplar içinde | 91169,3 | 14 | 6512,09 | | |
| | | Toplam | 225917,23 | 20 | | | |
| K | Gruplar arasında | 1,834 | 6 | 0,306 | 25,099 | 0,000*** | |
| | Gruplar içinde | 0,170 | 14 | 0,012 | | | |
| | Toplam | 2,004 | 20 | | | | |

| | | | | | | | |
|----------------|------------------|------------------|------------|----------|-------------|----------|----------|
| | Ca | Gruplar arasında | 73360164,4 | 6 | 12226694,07 | 611,721 | 0,000*** |
| | | Gruplar içinde | 279823,33 | 14 | 19987,38 | | |
| | | Toplam | 73639987,8 | 20 | | | |
| | Mg | Gruplar arasında | 3629679,3 | 6 | 604946,54 | 127,718 | 0,000*** |
| | | Gruplar içinde | 66312,0 | 14 | 4736,57 | | |
| | | Toplam | 3695991,23 | 20 | | | |
| | Na | Gruplar arasında | 3471912,57 | 6 | 578652,09 | 52,992 | 0,000*** |
| Gruplar içinde | | 152874,00 | 14 | 10919,57 | | | |
| Toplam | | 3624786,5 | 20 | | | | |
| Fe | Gruplar arasında | 9667,86 | 6 | 611,31 | 31,258 | 0,000*** | |
| | Gruplar içinde | 721,679 | 14 | 51,548 | | | |
| | Toplam | 10389,55 | 20 | | | | |
| Mn | Gruplar arasında | 2517,840 | 6 | 419,640 | 29,581 | 0,000*** | |
| | Gruplar içinde | 198,605 | 14 | 14,186 | | | |
| | Toplam | 2716,445 | 20 | | | | |
| Cu | Gruplar arasında | 26,402 | 6 | 4,400 | 28,805 | 0,000*** | |
| | Gruplar içinde | 2,139 | 14 | 0.153 | | | |
| | Toplam | 28,540 | 20 | | | | |
| Zn | Gruplar arasında | 4982,474 | 6 | 830,412 | 12,243 | 0,000*** | |
| | Gruplar içinde | 949,552 | 14 | 67,825 | | | |
| | Toplam | 5932,02 | 20 | | | | |

ÖZGEÇMİŞ

AYŞE NUR ALKAN
aysenuralkan1507@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

| | |
|----------------------------|---|
| Yüksek Lisans 2017-2022 | Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya |
| Lisans 2013-2017 | Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya |

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

| | |
|--|---|
| TÜBİTAK 1001-Araştırma, Burslu, ARDEB, TOVAG- Tarım, Ormanlık ve Veterinerlik Araştırma Destek Grubu | 117O036, Vermikompost Uygulamasının Bitki Yetiştirilen Bir Toprakta Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Bakteri Topluluk Yapısı ve Çeşitliliği Üzerine Etkilerinin DNA Temelli Kültürden Bağımsız Moleküler Teknikler ile İncelenmesi. |
| 2017-2022 | Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya |
| 2020-2021 | ERÜST TARIM / Ziraat Mühendisi |