

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**VERMİKOMPOST UYGULANMIŞ TOPRAKTAN AZOT FİKSE EDEN
BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ VE MİKROBİYAL GÜBRE
POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ**

Elif YANIK

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

MART 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**VERMİKOMPOST UYGULANMIŞ TOPRAKTAN AZOT FİKSE EDEN
BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ VE MİKROBİYAL GÜBRE
POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ**

Elif YANIK

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

MART 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VERMİKOMPOST UYGULANMIŞ TOPRAKTAN AZOT FİKSE EDEN
BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ VE MİKROBİYAL GÜBRE
POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

Elif YANIK
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 03/03/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İlker UZ (Danışman)

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

Dr. Öğr. Üyesi İnci TOLAY

ÖZET

VERMİKOMPOST UYGULANMIŞ TOPRAKTAN AZOT FİKSE EDEN BAKTERİLERİN İZOLE EDİLMESİ VE MİKROBİYAL GÜBRE POTANSİYELLERİNİN BELİRLENMESİ

Elif YANIK

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlker UZ

Mart 2021; 80 sayfa

Tarımda kimyasal gübre, ilaç ve benzeri maddelerin kullanımının artmasıyla toprakların verimliliği gün geçtikçe azalmakta, çevre ve insan sağlığı açısından olumsuz durumlar oluşmaktadır. Bu yüzden organik gübre ve mikrobiyal gübre gibi yan etkileri olmayan materyal ve biyolojik preparatlara olan talebin artması gerektiği düşünülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmadaki amaç, vermikompost uygulanmış topraktan azot fikse eden bakterilerin izole edilmesi ve mikrobiyal gübre potansiyellerinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında vermikompost uygulanmış toprakta yetişen bitkinin rizosfer bölgesinden azot fikse eden bakteriler izole edilmiştir. 16S rDNA dizi analizi sonuçları, farklı besi ortamlarında gelişme durumları ile renk ve şekil farklılıklarına göre 5 farklı izolat (N1DBA-5, NHBA-1, NHBD-5, NNBD-7 ve N1DBD-4) saksı denemesi için seçilmiştir. Saksı denemesi iki farklı kontrol grubu ile birlikte tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak toplam 35 saksı ile yürütülmüştür. Denemede test bitkisi olarak kıvırcık marul (*Lactuca sativa* var. *crispa*) kullanılmıştır. Deneme sonunda alınan toprak örneklerinde (normal-rizosfer) biyolojik analizler (üreaz aktivitesi, alkali fosfataz aktivitesi, β -glukosidaz aktivitesi, dehidrogenaz aktivitesi ve mezofilik bakteri sayımı) ve kimyasal analizler (mineral azot formları, makro-mikro besin elementleri ve pH-EC ölçümleri) yapılmıştır. Ayrıca, hasat edilen bitki örneklerinde verim ve kalite parametreleri ölçülüp makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bazı izolatların incelenen toprak biyolojik ve kimyasal parametreleri ile bitkide besin elementi miktarı üzerine olumlu etkilerde bulundukları görülmüştür. Bu bağlamda, toprakta N1DBD-4, NHBA-1, NNBD-7 ve N1DBA-5 izolatlarının bitkide ise sadece N1DBD-4 izolatının ön plana çıktığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, N1DBD-4 izolatının diğer izolatlara göre rizosfer şartlarına daha iyi uyum sağlayabildiği düşünülmektedir. Bahsedilen bu izolatın, hem toprak verimliliği hem de bitkide etkinlik açısından diğerlerine göre kısmen daha faydalı olduğu için mikrobiyal gübre potansiyelinde olabileceği varsayılmaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Azot fikse eden bakteri, Enzim aktiviteleri, İzolasyon, Mikrobiyal gübre, Vermikompost

JÜRİ: Doç. Dr. İlker UZ

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

Dr. Öğr. Üyesi İnci TOLAY

ABSTRACT

ISOLATION OF NITROGEN-FIXING BACTERIA FROM VERMICOMPOST APPLIED SOIL AND DETERMINATION OF THEIR POTENTIAL AS MICROBIAL FERTILIZER

Elif YANIK

MSc Thesis In Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

March 2021; 80 pages

With the increase in the use of chemical fertilizers, pesticides and similar substances in agriculture the fertility of the soils decreases day by day, and negative situations occur in terms of environment and human health. Therefore, it is thought that the demand for materials and biological preparations without side effects such as organic fertilizers and microbial fertilizers should increase. In this context, this study aims to isolate nitrogen-fixing bacteria from vermicompost applied soil and to determine microbial fertilizer potentials. In the scope of the study, nitrogen-fixing bacteria were isolated from the rhizosphere area of the plant growing in soil treated with vermicompost. Results of 16S rDNA sequence analysis, 5 different isolates (N1DBA-5, NHBA-1, NHBD-5, NNBD-7 and N1DBD-4) were selected for potting trials according to their growth conditions in different media and colour and shape differences. The potting experiment was carried out with two different control groups, according to the randomized plot design, with a total of 35 pots with 5 replications. Curly lettuce (*Lactuca sativa* var. Crispa) was used as the test plant in the experiment. Biological analyses (urease activity, alkaline phosphatase activity, β -glycosidase activity, dehydrogenase activity and mesophilic bacteria count) and chemical analyses (mineral nitrogen forms, macro-micro nutrients and pH-EC measurements) in soil samples taken at the end of the trial (normal-rhizosphere) have been done. Besides, the yield and quality parameters of the harvested plant samples were measured and macro and micro nutrient analyses were performed. According to the results, it has been observed that some isolates have positive effects some of the parameters analyzed. In this context, it was determined that isolates N1DBD-4, NHBA-1, NNBD-7 and N1DBA-5 were effective in the soil and only the isolate N1DBD-4 resulted in some changes in the plant. However, it is thought that N1DBD-4 isolate can adapt to the rhizosphere conditions better than other isolates. It is assumed that the mentioned isolate may have microbial fertilizer potential as it is partially more beneficial than others in terms of both soil fertility and plant efficiency.

KEYWORDS: Nitrogen fixing bacteria, Enzyme activities, Isolation, Microbial fertilizer, Vermicompost

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

Assoc. Prof. Dr. Çağdaş AKPINAR

Asst. Prof. Dr. İnci TOLAY

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte, tarımsal üretime ve özellikle sürdürülebilir tarıma olan ilgi de artmaktadır. Tarımsal üretimde kullanılan kimyasal gübrelerin bilinçsiz ve aşırı kullanımı ekolojik dengeyi bozmakta ve insan sağlığının olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle ekolojik dengeye faydalı, insan sağlığına zararsız, devamlılık sağlayan, verimli ve kaliteli olan sürdürülebilir tarım için bitkiye fayda sağlayan mikrobiyal gübreler, avantajlı seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Mikrobiyal gübreler, izole edilmiş fungus veya bakteri gibi mikroorganizmaların, kombinasyonu ya da özel besi ortamlarında, solüsyonlarda hazırlanıp aşılması yapılan organizma kültürleri olarak adlandırılmaktadır. Bitkiye fayda sağlayan bakterilerin toprak, vermikompost gibi ortamlardan izolasyonunun sürdürülebilir tarım için oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada vermikompost uygulanmış topraktan azot fikse eden bakterilerin izole edilmesi ve bu bakterilerin mikrobiyal gübre potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tez konumda, bana bu çalışma olanağını veren, bilgi ve deneyimlerini her an paylaşan kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. İlker UZ'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) en içten teşekkürlerimi sunarım. Bana her konuda yardımcı olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her sıkıntıda yanımda olan değerli abim ve hocam Öğr. Gör. Dr. İsmail Emrah TAVALI'ya (Alaaddin Keykubat Üniversitesi Gazipaşa Meslek Yüksek Okulu) teşekkürü bir borç bilirim. Laboratuvar çalışmalarında destek veren Zir. Yük. Müh. Aylin ZAMBAK ÖZGÜR'e (Akdeniz Üniversitesi), denememin yürütülmesi ve analizlerin yapılmasında yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Zir. Müh. Elif ŞİMŞEK'e (Tarım ve Orman Bakanlığı), Zir. Müh. Raziye YILDIZ'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi), Zir. Müh. Cemil YILMAZ'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) teşekkürlerimi sunarım. Samimi bir ortamda çalışma imkanı sunan bölümümüzün kıymetli öğretim üyelerine ve araştırma görevlilerine teşekkürlerimi sunarım. Deneme bitkisinin elde edilmesine yardımcı olan Gülsün TAVALI'ya (Kırcami Fide) teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan, her zaman destekleyen, her zorlukta yanımda olan, bu yola başlamak istediğimde karşı durmadan destekleyen canımdan öte aileme, biricik annem Sevim YANIK'a, canım abim Turan Umut YANIK'a ve bu yolda yürürken kaybettiğim biricik babam Asım YANIK'a sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	1
ABSTRACT	2
ÖNSÖZ	3
AKADEMİK BEYAN	6
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	7
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	9
ÇİZELGELER DİZİNİ	12
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Deneme alanı ve süresi	12
3.1.2. Gübreleme materyali	12
3.1.3. Deneme bitkisi	12
3.1.4. Deneme konusu, deseni ve yürütülmesi	12
3.1.5. Analizler için örnekleme şekli	14
3.2. Metot	15
3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler.....	15
3.2.2. Biyolojik analizler	16
3.2.3. Bitkide yapılan analizler	20
3.2.4. İstatiksel analizler	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Vermikompost Uygulanmış Toprakdan İzole Edilen Bakteriler.....	22
4.2. Topraktaki Enzim Aktiviteleri.....	23
4.2.1. Üreaz aktivitesi	23
4.2.2. Alkali fosfataz aktivitesi	25
4.2.3. β -glukosidaz aktivitesi	27
4.2.4. Dehidrogenaz aktivitesi	29
4.3. Mezofilik Bakteri Sayımı	31
4.4. Toprakta Değişebilir Amonyum, Nitrat ve Nitrit Değerleri	33
4.4.1. Değişebilir Amonyum (NH_4^+)	33
4.4.2. Değişebilir Nitrat (NO_3^-).....	35

4.4.3. Değişebilir Nitrit (NO ₂ ⁻)	36
4.5. pH ve EC Değerleri	38
4.5.1. pH Değerleri	38
4.5.2. EC Değerleri	41
4.6. Toprakların Makro-Mikro Besin Elementi Kapsamları	42
4.6.1. Toplam Azot (N), Alınabilir Fosfor (P) ve Değişebilir Potasyum (K).....	42
4.6.2. Değişebilir Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na)	48
4.6.3. Alınabilir Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn).....	53
4.7. Bitkilerin Makro-Mikro Besin Elementi Değerleri	59
4.7.1. Toplam Azot	59
4.7.2. Fosfor	61
4.7.3. Potasyum	61
4.7.4. Kalsiyum.....	62
4.7.5. Magnezyum	63
4.7.6. Sodyum	64
4.7.7. Demir	64
4.7.8. Mangan	65
4.7.9. Çinko	66
4.7.10. Bakır	67
4.8. Bitkilerin Verim ve Kalite Parametreleri	67
4.8.1. Bitki ağırlığı.....	67
4.8.2. Kök boğazı çapı	68
4.8.3. Baş uzunluğu	69
4.8.4. Kök uzunluğu	70
4.8.5. Yaprak sayısı	70
6. SONUÇLAR	72
7. KAYNAKLAR	74
8. EKLER.....	81
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Vermikompost Uygulanmış Toprakta Azot Fikse Eden Bakterilerin İzole Edilmesi ve Mikrobiyal Gübre Potansiyellerinin 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.

03/03/2021

Elif YANIK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
$\mu\text{g}/\text{m}^2$	: Mikrogram/metrekare
μl	: Mikrolitre
cm	: Santimetre
g L^{-1}	: Gram/litre
g	: Gram
kg ha^{-1}	: Kilogram/hektar
kg	: Kilogram
kob g^{-1}	: Koloni oluşturan birim/gram
M	: Molarite
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	: Amonyum azotu
nm	: Nanometre
t ha^{-1}	: Ton/hektar
ppm	: Milyonda bir

Kısaltmalar

DTPA	: Dietilentriaminpentaasetikasit
EC	: Elektriksel iletkenlik
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması
PNG	: p-Nitrofenil- β -D-glukosit
PNP	: p-Nitrofenil fosfat disosyum heksahidrat
TPF	: Trifenil formazan
YEMA	:Yeast Extract Mannitol Agar
NBA	:Nutrient Broth Agar

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme saksılarının hazırlanma aşamasından görünümeler.....	13
Şekil 3.2. Serada gerçekleştirilen saksı denemesinden bir görünüm	14
Şekil 3.3. Analizler için yapılan örneklemelemlerden görünümeler	14
Şekil 3.4. Bitki verim ve kalite parametre ölçümlemlerinden görünümeler.....	21
Şekil 4.1. Uygulamaların normal toprakta üreaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+ \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine etkileri	23
Şekil 4.2. Uygulamaların rizosfer toprağındaki üreaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+ \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine etkileri	24
Şekil 4.3. Uygulamaların normal topraktaki alkali fosfataz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine etkileri	26
Şekil 4.4. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alkali fosfataz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine etkileri.....	27
Şekil 4.5. Uygulamaların normal topraktaki β -glükosidaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine etkileri	28
Şekil 4.6. Uygulamaların rizosfer toprağındaki β -glükosidaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine etkileri	29
Şekil 4.7. Uygulamaların normal topraktaki dehidrogenaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) üzerine etkileri.....	30
Şekil 4.8. Uygulamaların rizosfer toprağındaki dehidrogenaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) üzerine etkileri.....	30
Şekil 4.9. Uygulamaların normal topraktaki mezofilik bakteri sayımı (kob g^{-1} kuru toprak ($\times 10^5$)) üzerine etkileri	31
Şekil 4.10. Uygulamaların rizosfer toprağındaki mezofilik bakteri sayımı (kob g^{-1} kuru toprak ($\times 10^5$)) üzerine etkileri.....	32
Şekil 4.11. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir amonyum (mg kg^{-1}) üzerine etkileri	33
Şekil 4.12. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir amonyum (mg kg^{-1}) üzerine etkileri.....	34
Şekil 4.13. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir nitrat (mg kg^{-1}) üzerine etkileri	35

Şekil 4.14. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir nitrat (mg kg^{-1}) üzerine etkileri	36
Şekil 4.15. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir nitrit (mg kg^{-1}) üzerine etkileri	37
Şekil 4.16. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir nitrit (mg kg^{-1}) üzerine etkileri	38
Şekil 4.17. Uygulamaların normal topraktaki pH değerleri üzerine etkileri.....	39
Şekil 4.18. Uygulamaların rizosfer toprağındaki pH değerleri üzerine etkileri.....	40
Şekil 4.19. Uygulamaların normal topraktaki EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) değerleri üzerine etkileri	41
Şekil 4.20. Uygulamaların rizosfer toprağındaki EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) değerleri üzerine etkileri	42
Şekil 4.21. Uygulamaların normal topraktaki toplam N (%) üzerine etkileri.....	43
Şekil 4.22. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir P (ppm) üzerine etkileri	44
Şekil 4.23. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir K (ppm) üzerine etkileri	44
Şekil 4.24. Uygulamaların rizosfer toprağındaki toplam N (%) üzerine etkileri.....	45
Şekil 4.25. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir P (ppm) üzerine etkileri	47
Şekil 4.26. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir K (ppm) üzerine etkileri ..	48
Şekil 4.27. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir Ca (ppm) üzerine etkileri.....	49
Şekil 4.28. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir Mg (ppm) üzerine etkileri	50
Şekil 4.29. Uygulamaların normal topraktaki değışebilir Na (ppm) üzerine etkileri	50
Şekil 4.30. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir Ca (ppm) üzerine etkileri	51
Şekil 4.31. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir Mg (ppm) üzerine etkileri	52
Şekil 4.32. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değışebilir Na (ppm) üzerine etkileri	53
Şekil 4.33. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Fe (ppm) üzerine etkileri	54
Şekil 4.34. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Zn (ppm) üzerine etkileri	55
Şekil 4.35. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Cu (ppm) üzerine etkileri.....	55
Şekil 4.36. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Mn (ppm) üzerine etkileri	56
Şekil 4.37. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Fe (ppm) üzerine etkileri....	57

Şekil 4.38.	Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Zn (ppm) üzerine etkileri ...	58
Şekil 4.39.	Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Cu (ppm) üzerine etkileri ...	58
Şekil 4.40.	Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Mn (ppm) üzerine etkileri ..	59
Şekil 4.41.	Uygulamaların bitkilerdeki toplam N (%) değeri üzerine etkileri.....	60
Şekil 4.42.	Uygulamaların bitkilerdeki P (%) değeri üzerine etkileri.....	61
Şekil 4.43.	Uygulamaların bitkilerdeki K (%) değeri üzerine etkileri	62
Şekil 4.44.	Uygulamaların bitkilerdeki Ca (%) değeri üzerine etkileri	62
Şekil 4.45.	Uygulamaların bitkilerdeki Mg (%) değeri üzerine etkileri	63
Şekil 4.46.	Uygulamaların bitkilerdeki Na (%) değeri üzerine etkileri	64
Şekil 4.47.	Uygulamaların bitkilerdeki Fe (ppm) değeri üzerine etkileri	65
Şekil 4.48.	Uygulamaların bitkilerdeki Mn (ppm) değeri üzerine etkileri	66
Şekil 4.49.	Uygulamaların bitkilerdeki Zn (ppm) değeri üzerine etkileri.....	66
Şekil 4.50.	Uygulamaların bitkilerdeki Cu (ppm) değeri üzerine etkileri	67
Şekil 4.51.	Uygulamaların bitkilerin ağırlıkları (g) üzerine etkileri	68
Şekil 4.52.	Uygulamaların bitkilerin kök boğazı çapı (mm) üzerine etkileri	69
Şekil 4.53.	Uygulamaların bitkilerin baş uzunluğu (cm) üzerine etkileri.....	69
Şekil 4.54.	Uygulamaların bitkilerin kök uzunluğu (cm) üzerine etkileri	70
Şekil 4.55.	Uygulamaların bitkilerin yaprak sayısı (adet) üzerine etkileri	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın özellikleri.....	11
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan izolatlar ve içerikleri.....	12
Çizelge 4.1. Seçilen bakteri izolatlarının gelişim gösterdikleri besi ortamları, 16S rDNA dizi sonuçları ve benzerlik yüzdeleri.....	22
Çizelge 4.2. Uygulamaların normal toprakta enzim aktiviteleri ve mezofilik bakteri sayıları üzerine etkileri.....	24
Çizelge 4.3. Uygulamaların rizosfer toprağında enzim aktiviteleri ve mezofilik bakteri sayıları üzerine etkileri.....	25
Çizelge 4.4. Uygulamaların normal toprakta değişebilir amonyum, nitrat ve nitrit değerleri üzerine etkileri	34
Çizelge 4.5. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir amonyum, nitrat ve nitrit değerleri üzerine etkileri.....	35
Çizelge 4.6. Uygulamaların normal toprakta pH ve EC değerleri üzerine etkileri.....	39
Çizelge 4.7. Uygulamaların rizosfer toprağında pH ve EC değerleri üzerine etkileri....	40
Çizelge 4.8. Uygulamaların normal toprakta toplam N, alınabilir P ve değişebilir K üzerine etkileri.....	43
Çizelge 4.9. Uygulamaların rizosfer toprağında toplam N, alınabilir P ve değişebilir K üzerine etkileri.....	46
Çizelge 4.10. Uygulamaların normal toprakta değişebilir Ca, Mg ve Na değerleri üzerine etkileri.....	49
Çizelge 4.11. Uygulamaların rizosfer toprağında değişebilir Ca, Mg ve Na değerleri üzerine etkileri.....	51
Çizelge 4.12. Uygulamaların normal toprakta alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn değerleri üzerine etkileri.....	54
Çizelge 4.13. Uygulamaların rizosfer toprağında alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn değerleri üzerine etkileri.....	57
Çizelge 4.14. Uygulamaların bitkilerde toplam N, P ve K değerleri üzerine etkileri.....	60
Çizelge 4.15. Uygulamaların bitkilerde Ca, Mg ve Na değerleri üzerine etkileri	63
Çizelge 4.16. Uygulamaların bitkilerdeki Fe, Mn, Zn ve Cu değerleri üzerine etkileri .	65
Çizelge 4.17. Uygulamaların bitki ağırlığı, kök boğazı çapı, baş uzunluğu, kök uzunluğu ve yaprak sayısı üzerine etkileri	68

1. GİRİŞ

Her geçen gün biraz daha fazla gelişmekte olan nüfusun beslenme gereksinimindeki artış sürdürülebilir tarımın önemini de arttırmaktadır. Toprak verimliliği sürdürülebilir tarımın önemli konularından biri olmakla birlikte bu verimliliğin artması için toprağın organik maddesinin huminleşmesi ve mikroorganizma faaliyetlerinin gelişmesi oldukça önemlidir. Bitkisel üretimde kullanılan organik gübrelerde bitkiye yarar sağlayan mikroorganizmalar bulunabilmektedir. Ayrıca organik gübreler, normalde toprakta bulunan ve bitkiye yarar sağlayan bazı mikroorganizmalara da avantaj sağlayarak bu mikroorganizmaların oransal sayılarının artmasına yol açabilmektedir. Bu açıdan incelenmesi gereken organik gübre çeşitleri içerisinde ilk sırada vermikompost gelmektedir. Vermikompost; huminifikasyon olayında görev alan solucanların bağırsaklarından organik atıkları geçirerek mikrobiyal kompostlama yapmaları sonucu elde edilen üründür (Tavali ve Uz, 2011). Vermikompostun diğer geleneksel organik gübrelerden farklı olarak bitki patojenlerini baskılama özelliği bulunmaktadır ve ayrıca vermikompost bitki gelişimini teşvik eden bileşikler içermektedir (Logsdon 1994; Simsek-Ersahin 2009). Ayrıca organik materyalde bulunan patojenlerin de vermikompostlama işlemi sırasında etkisiz hale getirildiği bilinmektedir. Dahası, vermikompostun bölgemiz topraklarının biyolojik parametrelerini çiftlik gübresi gibi geleneksel organik gübrelerle kıyasla daha etkin bir şekilde değiştirebildiği tespit edilmiştir (Uz ve Tavali, 2014; Uz vd., 2016). Bu özelliklerin vermikompostta bulunan veya vermikompost tarafından teşvik edilen toprak mikroorganizmalarının aktivitelerinin bir sonucu olduğu düşünüldüğünde vermikompostun mikrobiyal gübre olarak kullanılabilme potansiyeline sahip mikroorganizmalar içermesi de çok muhtemeldir.

Birim alandan yararlanmak amacıyla son 50 yılda bütün dünyada başlatılan ve değişik isimler altında yürütülen tarımsal üretim modellerinde en büyük girdiyi kimyasal gübreler oluşturmaktadır. Devamlı ve fazla miktarda kimyasal gübre kullanımı ise toprakların başta biyolojik olmak üzere fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu aşamaya gelmiş topraklar en uygun şekilde kimyasal gübrelerle gübrenilmiş olsalar bile yüksek verim elde etmek imkânsız hale geldiği görülmektedir. Bilinçsiz ve aşırı kimyasal gübre kullanımı sadece toprağa değil, diğer çevre unsurları üzerine de etki yapmaktadır. Örneğin, aşırı gübre kullanımı sonucu özellikle yeraltı ve yüzey sularının da ciddi bir tehdit altında olduğu belirtilmektedir. Bu olumsuz etkileri en aza indirmek ve sürdürülebilir tarımsal üretim yapabilmek için daha az gübre kullanımını mümkün kılmasının yanı sıra toprakta var olan besinlerden ve kimyasal gübrelerden etkin yararlanmayı sağlayabilecek materyallerin de kullanılması gerekmektedir. Bu amaca uygun olarak kullanılacak ürünlerden birisi mikrobiyal gübrelerdir. Mikrobiyal gübreler, genel olarak toprak ortamından elde edilmiş ve bitkiye bitki besin maddesi sağlama kabiliyetine sahip organizmaları içeren biyolojik preparatlar olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde satışı ve üreticiler tarafından kullanımı hızla artan mikrobiyolojik preparatların büyük bir çoğunluğu yurt dışı kaynaklıdır.

Mikrobiyal gübrelerde bulunan organizmalar içerisinde en önemli gruplardan biri bitkiye azot sağlayan bakterilerdir. Bu bakteriler, bu faaliyeti bitkiye yaraysız formda bulunan atmosfer azotunu fikse ederek bitkinin kullanabileceği formda toprağa bağlamak suretiyle yaparlar. Toprakta serbest olarak yaşayan ve toprağa azot bağlayan bakteriler toprağın azot kazanımında önemli bir yere sahiptir. Birçok farklı bitkiye

uygulanan mikrobiyal gübreler topraktan ve özellikle rizosfer bölgesinden izole edilmiş bu türdeki mikroorganizmaları içermektedir.

Bu çalışma, öncelikli olarak bölgemiz topraklarına yurt dışı kaynaklı mikrobiyal gübrelere göre daha iyi uyum gösterebilecek var olan yerli kaynak potansiyelinin değerlendirilmesini ve bölge toprağından elde edilmiş mikroorganizmaların mikrobiyal gübre olarak kullanılabilmesini amaçlamıştır. Bir diğer konu ise toprakta bulunan besinlerden ve uygulanan kimyasal gübrelerden daha etkin yararlanılmayı sağlayabilecek materyallerin kullanılmasıdır. Bu tür materyaller organik gübreler olmakla birlikte, bu organik gübrelerin bitkiye fayda sağlayan mikroorganizmalar içermesi de gerekmektedir. Bitkilere fayda sağlayan ve bitki patojenlerini baskılama özelliğı bulunan vermikompostun bu tür bir kullanıma oldukça uygun olduğu düşünülmektedir. Vermikompost içerisinde mikrobiyal gübre potansiyeline sahip mikroorganizmaların bulunması ve bu gübrenin yüksek potansiyele sahip toprak organizmalarına avantaj sağlaması muhtemeldir. Söz konusu bu organizmaların izole edilerek mikrobiyal gübre potansiyellerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda; bu çalışma, vermikompost uygulanan bir toprakta marul bitkisinin kök bölgesinden azot fiksasyonu yapan bakterilerin izole edilmesi ve bu izolatların yine marul bitkisinde mikrobiyal gübre potansiyellerinin belirlenmesi aşamalarını kapsamaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Vermikompost ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğu bu gübrenin elde edilmesi aşamasında enzim ve mikrobiyal aktivitedeki değişimler, verimikompostun bitki gelişimi ve verim üzerine olan etkisi ve bu materyalin bitki hastalıklarını baskılama özelliği (bitki sağlığı) üzerine yoğunlaşmıştır. Ayrıca, toprak enzim aktivitesi ve bakteri sayısı gibi toprağın mikrobiyal varlığı ve aktivitesini yansıtan özellikler üzerinde verimikompostun etkisini inceleyen çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Vermikompostun mikrobiyal varlık ve aktivite yönünden çok zengin bir gübre olduğu göz önüne alındığında, verimikompost uygulanmış toprağın bakteriyel çeşitliliğinin de yüksek olması muhtemeldir. Bu bağlamda, verimikompost uygulanmış topraklarda mikrobiyal gübre potansiyeline sahip bakterilerin bulunma olasılığı da yüksektir. Ancak, verimikompost ile ilişkili mikrobiyal gübre olarak kullanılabilecek ve özellikle de azot (N) fikse edebilen organizmaların izolasyonu, tanımlanması ve değerlendirilmesi ile ilgili uluslararası literatürde çok kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu tez çalışması bu bilgi eksikliğini gidermeyi amaçlamaktadır ve verimikompost ile bağlantılı olarak ülkemizde yapılan ilk çalışmalar arasında olacağı düşünülmektedir.

Vermikompost ve diğer gübreler (organik, inorganik) kullanılarak yapılan bitkisel üretimde bitki sağlığı, bitki verimi ve kalitesini konu alan birçok çalışma bulunmaktadır. Benitez vd. (2000) yaptıkları çalışmada zeytinyağı fabrikası atıklarının verimikompostunu biber yetiştirilen toprağa uygulamışlar ve biber bitkisinin yaprağındaki P ve K konsantrasyonlarının arttığını, N konsantrasyonunun ise değişmediğini, biber bitkisi rizosferindeki dehidrogenaz ve fosfataz aktivitesinin arttığını ancak üreaz aktivitesinin ise sınırlandığını belirtmişlerdir. Öte yandan, Arancon vd. (2003) yaptıkları bir çalışmada patates, biber, domates ve çilek yetiştiriciliğinde gübre olarak verimikompost kullanmışlar ve sonuçta domates ve biberde sürgün uzunluğu, yaprak alanı ve çilekte meyve pazar değerinin önemli oranda artarak kimyasal gübre uygulamasına yakın sonuçların elde edildiğini, bununla birlikte mikrobiyal biyokütle, hormon, humatların ve bitki gelişim düzenleyicilerin bu toprakta verimikompost uygulaması ile arttığını tespit etmişlerdir.

Bezelye ve mısır yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Kumari ve Ushakumari (2002) yaptıkları bir çalışmada gübre olarak kaya fosfatla zenginleştirilen verimikompost kullanmışlar ve bu uygulama ile topraktaki N, P, K, Ca ve Mg içeriğinin ve bezelye veriminin arttığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Chauhan vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada; bezelye yetiştirmek için verimikompost ve kimyasal gübre kullanılmış, en iyi bezelye verimini verimikompost (10 t ha^{-1}) ve NPK ($25:60:50 \text{ kg ha}^{-1}$) uygulamasının sağladığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Gopal vd. (2010), Hindistan cevizi yapraklarından elde ettikleri verimikompostu toprağa uyguladıklarında bezelyenin taze ağırlığının %36, mısır koçan veriminin %5-10 arttığını ve aynı zamanda toprakların organik karbon miktarı ve mikroorganizma çeşitliliğinin de arttığını da belirtmişlerdir. Farklı olarak, Marinari vd. (2000), yaptıkları çalışmada, şeker mısır yetiştirmek üzere verimikompost ile birlikte çiftlik gübresi ve kimyasal gübreyi (200 kg N ha^{-1}) beraber uygulamışlar ve topraktaki gözeneklilik, enzim aktiviteleri ve CO_2 üretiminin yanı sıra mısır veriminin de arttığını bildirmişlerdir. Jat ve Ahlawat (2006) tarafından yapılan çalışmada ise şeker mısır yetiştirmek için 3 t ha^{-1} verimikompost uygulamasının mısırın

protein içeriğini, kuru ağırlığını ve toprağın N, P ve bakteri sayısını önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir.

Hıyar yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Yang vd. (2008) yaptıkları bir çalışma ile farklı gübrelerle hıyar bitkisi yetiştirilen bir toprakta at gübresi uygulaması ile fosfataz, katalaz, invertaz ve üreaz gibi enzim aktivitelerinin arttığını, buna karşın kimyasal gübreleme ile toprak enzim aktivitelerinin azalmasına rağmen P ve K miktarlarının arttığını ve üretilen hıyar miktarı ile toprak enzim aktiviteleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Öte yandan, Sallaku vd. (2009) yaptıkları çalışma sonucunda hıyar bitkisinin tuz stresi altında gelişimi üzerine vermikompost uygulaması ile hıyar veriminin, kuru madde ve yaprak alanı gelişiminin kontrole göre daha iyi olduğunu ve vermikompost uygulaması ile tuz stresinin baskılandığını belirtmişlerdir.

Çilek yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Arancon vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada vermikompost ve kimyasal gübreler beraber kullanılarak çilek yetiştirilmiş ve toprakta toplam N, P, dehidrogenaz aktivitesi ve mikrobiyal biyokütle-N'unun yanı sıra topraktaki besin döngülerinin, bitki geliştirici maddelerin miktarının ve patojen mikroorganizmalara karşı bitki dayanıklılığının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, Singh vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada farklı dozlarda (2.5, 5, 7.5 ve 10 t ha⁻¹) vermikompost ve kimyasal gübre uygulaması ile çilek yetiştiriciliği yapılmış ve vermikompost uygulamasının kimyasal gübre uygulamasına kıyasla çileğin pazar değerini düşürdüğü, buna karşın Botrytis rot gibi kök hastalıklarını baskıladığı ve ayrıca çilek yetiştiriciliği için en uygun vermikompost dozunun 7.5 t ha⁻¹ olduğu belirtilmiştir.

Domates yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Azarmi vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada tarla domatesi yetiştirilen toprağa 15 t ha⁻¹ vermikompost uygulanmış ve toprağın organik karbon, toplam N, P, K, Ca, Zn ve Mn içeriği, EC ve toplam gözenekliliğin arttığı, buna karşın toprağın pH ve hacim ağırlığının düştüğü tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Gutierrez-Miceli vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada koyun gübresinden elde edilen vermikompost toprağa uygulanmış ve domates bitkisinin ağırlığının önemli oranda arttığı, vermikompost uygulaması ile toprağın pH'sının düştüğü ve besinlerin çözünürlüğünün arttığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Hashemimajd (2004) tarafından yapılan denemede domates yetiştirme ortamı olarak yanmamış çiftlik gübresi vermikompostu, tütün fabrikası atığı, yaprak artıkları, evsel atıklar ve çeltik kavuzu kullanılmış ve ortamın domates biyokütlesini önemli oranda arttırdığı (kontrole göre) ve bu ortamın P, Zn, Cu, Ca, Mn, K, N, Mg ve Fe içeriğinin kontrole göre çok yüksek olduğu belirtilmiştir.

Patates yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Alam vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada vermikompost ve kimyasal gübreler beraber kullanılmış ve bu uygulama ile patatesin gelişimi ve veriminin önemli ölçüde arttığı, bununla birlikte en yüksek verim artışının 5-10 t ha⁻¹ vermikompost ve tavsiye edilen dozda kimyasal gübre uygulaması olduğu belirtilmiştir. Marul ve lahana yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Ali vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada kompost ve vermikompost marul yetiştirme ortamı olarak kullanılmış ve en iyi marul gelişiminin 20/80 (kompost/vermikompost) karışımında gerçekleştiği gözlenmiştir. Ayrıca, ortama vermikompost ilavesi ile çinko haricindeki besin elementlerinin ve potansiyel toksik elementlerin miktarının ciddi bir artış göstermediği tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Rangarajan (2008) tarafından yapılan lahana denemesinde kompost ve vermikompost gübre olarak kullanılmış ve

vermikompostun termofilik komposta göre lahana verimini daha fazla arttırdığı belirtilmiştir.

Sorgum yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Hameeda vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada toprağa 2.5 t ha⁻¹ vermikompost uygulanmış ve bu uygulamanın sorgum bitkisinde sürgün uzunluğu, yaprak alanı, bitki biyokütlesi, kök hacmi ve mikorizal kolonizasyonu önemli oranda arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Reddy ve Ohkura (2004) çeltik kavuzunun vermikompostlanması ile elde edilen kesitin sorgum bitkisinin gelişimi üzerine etkisini inceledikleri bir denemede çeltik kavuzu vermikompostunun N ve Ca içeriğinin normal komposta göre daha yüksek olduğunu, vermikompost uygulaması ile sorgum bitkisinin gelişiminin normal komposta göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Şalgam, süs bitkisi ve baklagil bitki türleri yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Pant vd. (2009) yaptıkları çalışmada vermikompost ekstraktlarını (vermikest çayı) *Brassica rapa* cv. Bonsai bitkisi yetiştiriciliğinde kullanmışlar ve bu uygulamanın bitkinin mineral besin içeriğini arttırdığını ancak topraktaki toplam mikrobiyal popülasyonu değiştirmediklerini, bitki verimi ve toplam karetenoidleri arttırdığını, bununla birlikte diğer organik gübrelerle kıyasla vermikompost ekstraktı uygulamasının bitki bünyesinde oluşan fenolik maddeleri sınırlandırdığını belirtmişlerdir. Preetha vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise toprağa farklı miktarlarda vermikompost ve kimyasal gübre uygulanmış ve 5 t ha⁻¹ vermikompost ile birlikte 50:50:50 kg ha⁻¹ NPK uygulamasının en iyi vejetatif gelişim ve besin alımını sağladığı tespit edilmiştir. Sinha vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise vermikompost uygulanmış topraktaki humik materyallerin ve bitki geliştirici hormonların miktarında artış olduğu ve dolayısıyla *Amaranthus spp.*'nin gelişim ve veriminin arttığı belirtilmiştir. Diğer taraftan, Uma ve Malathi (2009) tarafından yapılan çalışmada *Cicer* ve *Pisum spp.* vermikompost uygulaması ile yetiştirilmiş ve bitkinin kök, sürgün uzunluğu, yaprak, çiçek ve kök nodülü miktarının ve N₂ fiks edici bakteri kolonilerinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir.

Fasulye, fesleğen ve çim bitkisi yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Manivannan vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada sırik fasulye yetiştirilen kil bünyeli toprağa 5 t ha⁻¹ vermikompost uygulanmış ve bu uygulama ile toprağın gözenekliliğinin, yarayışlı su miktarının, KDK'sının ve fasulyenin protein ve şeker içeriğinin kum bünyeli toprağa nazaran daha fazla arttığı, bununla birlikte inorganik gübrelemenin her iki toprak tipinde de gözeneklilik, organik karbon ve mikrobiyal aktiviteyi azalttığı belirtilmiştir. Öte yandan, Sangwan vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada farklı atıklardan elde edilen vermikompost, fesleğen bitkisi yetiştirme ortamı olarak kullanılmış ve fesleğenin maksimum çiçeklenme oranının %30 vermikompost (toprak ile) karışımında elde edildiği, bununla birlikte vermikompostun fesleğenin çiçek sayısını, sürgün ve kök biyokütlesini, bitki ağırlığını ve çiçek çapını arttırdığı tespit edilmiştir. Lakshmanaperumalsamy vd. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada ise vermikompost, sığır gübresi ve torf karışımı (1:1:1) kullanılarak çim bitkisi yetiştirme ortamı hazırlanmış ve bu ortamda yetiştirilen çimlerin kök, sürgün uzunluğu ve yaş ağırlıklarının kontrole (kum + toprak) göre 2 kat daha fazla olduğu, üçlü karışımın uygulandığı çim bitkisinin rizosferindeki bakteri, aktinomiset ve fungus popülasyonunun kontrole göre çok yüksek olduğu ve ayrıca bu üçlü karışım ile topraktaki *Shigella flexneri* gibi patojen mikroorganizmaların baskılandığı belirtilmiştir.

Sarımsak yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Suthar (2009) tarafından yapılan çalışmada toprağa çiftlik gübresi, kimyasal gübre ve vermikompost uygulanmış ve maksimum kök, sürgün, yaprak uzunluğu, meyve ağırlığı ve bitki başına düşen yaprak sayısının 15 t ha⁻¹ vermikompost ve tavsiye edilen dozun yarısı kadar kimyasal gübre uygulaması ile elde edildiği, ayrıca vermikompostlanmış çiftlik gübresinin kompostlanmış çiftlik gübresine oranla Cu, Fe, Mn ve Zn gibi mikro elementlerce daha zengin olduğu ve bu gübrenin toprağa uygulanması halinde bitki gelişimini ve üretkenliğini daha fazla arttırabileceği belirtilmiştir.

Gül yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Chamani vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada kontrol olarak toprak ve kum (%70-30), ortam olarak da vermikompost (%20, 40, 60) ve torf (%30, 60) kullanılmış ve kontrole göre en iyi gül veriminin %20 vermikompost ortamında olduğu, buna karşın ortamdaki vermikompost miktarı arttıkça gülün çiçek sayısı, yaprak ve sürgün gelişimi ve kuru ağırlığının azaldığı ve ayrıca ortamdaki makro ve mikro elementlerin (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn) miktarlarının mineralizasyon hızına bağlı olarak önemli oranda arttığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışma da ısıtılmış ve ısıtılmamış vermikompost kıvrıcık marula uygulanmış ve ısıtılmış vermikompost ile vermikompostun 2 yetiştiricilik döneminde de fide ortamının biyolojik özelliklerine, fide kalitesine olumlu sonuçlarda olduğu gözlenmiştir. Bunların yanı sıra iki uygulama da toprak verimliliğini arttırmıştır (Tavali, 2019). Uz vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada vermikompost uygulanan toprakta kereviz yetiştirilmiş ve sonucunda çiftlik gübresine oranla vermikompostun organik madde, N, P ve Ca'un artmasında daha etkili olduğu öne sürülmüştür.

Enzimler, toprak verimliliği üzerine etki yaptıklarından dolayı bir toprakta çeşitli enzimlerin aktivitelerinin tayini suretiyle o toprağın verimlilik derecesi hakkında bir fikir edinilebileceğini ortaya koymaktadır. Her tarım toprağında o toprağa özgü bir enzim seviyesi vardır. Enzimlerin miktar ve çeşitleri toprakta kalan hasat artıkları ile verilen organik ve inorganik gübrelerin içerik ve miktarlarına, toprak reaksiyonuna, münavebeye ve toprağın işlenmesine bağlıdır. Toprak pH'sının düşmesi, uygun olmayan zirai işlemlerin yapılması, toprağın zamanında ekime hazırlanmaması gibi pek çok faktör topraktaki enzim seviyesine ve aktivitesini düşürebilmektedir (Ünal, 1967). Dünya genelinde araştırmacılar tarafından toprak enzimleri konusunda çok çeşitli konularda çalışmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda topraklara uygulanan inorganik ve organik gübrelerin diğer toprak özelliklerine benzer şekilde toprak enzimleri üzerine de çeşitli etkilerinin olabileceği bildirilmektedir. Khan (1970), inorganik N, P, K, S gübrelerinin 40 yıl boyunca toprağa her yıl düzenli olarak uygulanmalarının enzim aktivitelerini arttırdığını fakat bu artışın istatistiki açıdan önemli olmadığını belirtmiştir. Serada 305 günlük periyod içinde tekrarlanan inorganik N uygulamalarının toprakta β -glikosidaz ve proteaz aktiviteleri üzerine önemli etkileri olmadığı da araştırma sonucunda belirlenmiştir. Benzer şekilde, Fauci ve Dick'e (1994) göre, organik iyileştiriciler enzim aktivitelerini inorganik gübrelere göre daha fazla teşvik etmektedir. Toprak verimliliğinde ve besin döngüsünde toprak organik madde içeriği ve mikrobiyal aktivitenin çok önemli göstergeler olduğunu bildiren Kanchikerimath ve Singh'e (2001) göre ise mikrobiyal biyokütle-C ve alkali fosfataz aktivitesi, hayvansal atık ilave edilmiş topraklarda kimyasal gübre uygulanmış topraklara göre daha fazla artış gösterir. Besin maddeleri ve artıkların uygulanmasıyla toprak organik madde içeriği ve mikrobiyal aktivite artar.

Laic vd. (2002), organik ve kimyasal gübreleri kombine ederek besin döngülerinde görev alan toprak enzimlerindeki değişimleri gözlemlemişlerdir. Pirinç-mısır rotasyon ürün sistemi ile ilgili denemede organik gübreler tek başlarına ve azot ile kompoze edilerek verilmiştir. Her bir parselden toprak örnekleme yapılmış ve C, N, P ve S döngülerinde görev alan sekiz toprak enziminin aktivitesi (β -glukosidaz, L-asparginaz, üreaz, amilaz, asit fosfataz, fosfodiesteraz, arilsülfataz ve dehidrogenaz) ölçülmüştür. 1998-2001 yıllarındaki mısır ve pirinç ürün gelişim dönemi boyunca amonyum-N, nitrat-N, toplam inorganik-N, toplam-N, organik C, inorganik P, yarayışlı P ve pH'yı kapsayan diğer toprak özellikleri de ölçülmüştür. Sonuçlar, kompost + 1/3 kimyasal N ve kompost + 2/3 kimyasal N içeren gübreleme yönetimlerinde sekiz toprak enzim aktivitesinin en yüksek değerleri verdiğini ve bu değerlerin kontrol ve diğer gübre uygulamalarından nispeten daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca sekiz ayrı enzim aktivitesinin kendi arasında ve bu enzimler ile organik C, toplam ve yarayışlı N arasında önemli korelasyonlar olduğu bulunmuştur. Organik menşeli gübrelerden farklı olarak tek başına kimyasal gübre uygulaması ile toprak enzim aktivitelerindeki değişimleri inceleyen Arcak ve Haktanır (1994) yaptıkları bir çalışmada, değişen oranlarda fosforlu gübre uygulanmış topraklarda pirofosfataz enzim aktivitesi üzerine substrat konsantrasyonunun, pH'nın, inkübasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini araştırmışlardır. Farklı dozlarda fosforlu gübre (3, 6, 9 kg P_2O_5 da⁻¹) uygulaması yapılmış toprak örneklerinde substrat konsantrasyonunun 15 mM'dan 70 mM'a yükseltilmesi ile pirofosfataz enzim aktivitesinde artış olduğunu, gübreli ve gübresiz toprak örneklerinde 70 mM üzerindeki substrat konsantrasyonlarında reaksiyon hızının azalma gösterdiğini, yüksek substrat konsantrasyonunun pirofosfataz enzim aktivitesini engellediğini ve pirofosfataz aktivitesinin substrat pH'sının 4.5'dan 6.0'ya değişmesi ile arttığını, pH'nın daha yüksek düzeylerinde ise azaldığını saptamışlardır. Diğer taraftan, araştırmacılar, dekara 9 kg P_2O_5 ilave edilen parsellerden 0-5 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde pirofosfataz enzim aktivitesinin 30°C'lik inkübasyon sıcaklığında maksimum düzeye ulaştığını belirlemişlerdir. Kimyasal gübre uygulamasından farklı olarak toprağa kireç uygulanması toprak enzim aktivitelerini farklı düzeyde etkileyebilmektedir. Haynes ve Swift'e (1988) göre, kireç ilavesi genellikle proteaz ve sülfataz aktivitesini artırırken, fosfataz aktivitesini azaltmıştır.

Yakın tarihli araştırmalar incelendiğinde çalışmaların; çeşitli topraklardan izole edilen N fikse eden bakterilerin fiksasyon yetenekleri ve bunların tanımlanması ile bitki yetiştirilen toprakta fikse edicilerin bitki beslenmesi, gelişimi ve verimine olan etkileri şeklinde 2 ana konuda yoğunlaştığı görülmüştür. Toprakta fikse edici bakteri izolasyonu ve tanımlanması ile ilgili olarak; Hara vd. (2010) tarafından orman toprağından izole edilen bakterilerin azot fiksasyon yeteneklerinin ölçüldüğü çalışma sonucunda besi ortamına 3 g L⁻¹ gellan (polisakkarit) agar ilavesinin bakterilerin asetilen redüksiyon kapasitesini arttırdığı ancak yine de orman toprağındaki bakterilerin azot fiksasyon yeteneklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Tahıl tarımı yapılan toprak ile ilgili olarak Rana vd. (2011) tarafından buğday tarımı yapılan topraktan izole edilen rizosfer bakterilerinin azot fiksasyon yetenekleri asetilen redüksiyon analiziyle tespit edilmeye çalışılmış, sonuç olarak elde edilen 10 izolatın tamamının azot fikse edebildiği ayrıca bu izolatların *Providencia sp.*'nin bu kabiliyetinin ilk kez tespit edildiği bildirilmiştir. Yao vd. (2008) tarafından Kuzeybatı Çin topraklarından izole edilen rizobakterilerin buğday ve yulaf verimi üzerine potansiyel rollerinin incelendiği bir çalışma yürütülmüştür. Sonuçta; buğday ile ilişki kuran izolatın önemli ölçüde azot

fikse ettiği, bu izolatın buğdayın kök uzunluğu, alanı ile toplam N konsantrasyonunu en fazla arttıran rizobakteri olduğu tespit edilmiştir. Yasmin vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada da çeltikle ilişkili faydalı bakterilerin izolasyonu ve tanımlanması hedeflenmiştir. Sonuçlara göre; toplamda çeltik toprağından 12 bakteri izole edilmiş ve tüm bu izolatların asetilen redüksiyon aktivitesi gösterdiği, ayrıca *Bacillus sp.* 23-4 ve *Azospirillum sp.* 23-1'in en etkili strainler olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, Kaur ve Reddy (2014) tarafından organik tarım yapılan topraktan izole edilen fosfat çözücü bakterilerin (*Pantoea cypripdiii* ve *Pseudomona plecoglossicida*) kaya fosfat çözme kabiliyeti ve diğer bitki gelişim düzenleyici aktiviteleri incelenmiştir. Sonuçta; her iki bakterinin de önemli ölçüde fosfat çözme ve azot fikse etme yeteneğinde olduğu belirlenmiştir. Bunlardan farklı olarak, tarım toprağından izole edilmiş olan fikse edici bakterilerin sulama ve gübrelemenin yapıldığı alana uygulanması sonrası topraktaki azot fiksasyonunun durumunu inceleyen çalışma sonucunda; amonyum nitrat gübrelemesinin nitrogenaz aktivitesini düşürmesine karşın su ve karbonun aktiviteyi artırdığı, mikro besinler ve fosfor gübrelemesinin bu aktiviteye önemli etkide bulunmadığı belirlenmiştir. Son olarak, karbon ve inorganik N'un nitrogenaz aktivitesi üzerine fosfor ve mikro besinlere göre daha sağlam bir kontrol imkânı verdiği bildirilmiştir (Hartley ve Schlesinger 2002). Uysal-Şahin ve Dönmez (2020) tarafından yapılan çalışmada farklı bakteri uygulamalarının domates bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçta; izole edilen ve saflaştırılan 25 strain tanımlanmış ve test edilmiştir. Test sonucunda domates verim parametreleri artmış ve bu bakterilerin organik tarımda alternatif olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır.

Azot fikse eden bakterilerin bitkisel üretimde bitki beslenmesi, gelişimi ve verimine olan etkileri ile alakalı çalışmalara bakıldığında ise; tahıl ve yem bitkisi yetiştiriciliğinde El-Komy (2005) tarafından buğday tarlasında serbest yaşayan ve N₂ fikse edebilen ve aynı zamanda fosfat çözme yeteneğine sahip bakterilerin tanımlandığı bir çalışma yapılmış, sonuç olarak maksimum nitrogenaz aktivitesi gösteren *Azospirillum lipoferum* ve fosfat çözme yeteneğinde olan *Bacillus megaterium*'un buğday için iyi birer N ve P sağlayıcısı oldukları belirlenmiştir. Naher vd. (2009) tarafından çeltik yetiştirilen farklı toprak tiplerinden diazotrof izolasyonunu hedefleyen bir çalışma yürütülmüştür. Sonuçta; diazotrofik popülasyonların toprak tipi ve çeltik varyetesinden önemli ölçüde etkilendiği, yüksek nitrogenaz aktivitesine Sb35 strainin sahip olduğu tespit edilmiştir. Saikia vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada mısırla ilişki kuran diazotrofik *Azospirillum brasiliense*'nin azot fiksasyon aktivitesi ölçülmüş, mısır gelişiminin herhangi bir safhasında toprağı oksin ile beraber *Azospirillum* uygulamasının nitrogenaz aktivitesinin arttırıldığı tespit edilmiştir. Benzer olarak, Gutierrez-Miceli vd. (2008) tarafından mısır yetiştirilen toprağı koyun gübresi verimikompostu ile birlikte diazotrofik bakteri ve mikoriza uygulamasının meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Diğer taraftan, su kısıntılı üretim modeli ile yetiştirilen yoncada N ve C metabolizmasında meydana gelen değişimlerin incelendiği çalışma sonucunda; su kısıntısının bitkinin nitrogenaz aktivitesinde düşüşe sebep olmasına bağlı olarak yapraklarda N noksanlığı belirtilerinin görülmeye başladığı ve bunun da C mekanizması için aminoasit sentezini sekteye uğrattığı bildirilmiştir (Aranjuelo vd. 2013). Bununla birlikte, Natheer ve Muthukkaruppan (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Zn uygulamasının *Gluconacetobacter diazotrophicus* ile inoküle olan şeker kamışı gelişimi üzerine etkisi incelenmiş, sonuçta; Zn uygulamasının inoküle bakterilerinin nitrogenaz aktivitesini arttırdığı ve bunun bitkinin kimyasal azot

kullanımını azaltacağı ve ekonomik şeker kamışı yetiştiriciliğini teşvik edebileceği bildirilmiştir.

Sebze ve meyve yetiştiriciliğinde N fikse eden bakterilerin durumu ile ilgili olarak; Islam vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada, domates ve kırmızı biber gelişiminin, azot fikse eden bakteri ve çoklu bitki gelişim düzenleyici uygulamaları sonucu değişimi incelenmiştir. Sonuç olarak; en yüksek azot fiksasyonu *Novosphingobium sp. RFNB21* ile inoküle olan kırmızı biber kökünde ve rizosfer toprağında belirlenmiştir. Ayrıca azot fikse edici bakterilerin biber bitkisinin klorofil içeriği ve birçok makro-mikro besin konsantrasyonunu arttırıcı etkide olduğu belirlenmiştir. Siczek vd. (2014) tarafından ise bezelye gelişimi ve simbiyotik aktiviteyi yöneten Nod (lipo-kito oligosakkarit) faktörün etkisini görmek amacıyla iki yıllık bir tarla denemesi yürütülmüştür. Sonuç olarak; Nod faktörlerinin genel olarak bezelye verimi ve nitrogenaz aktivitesini kurak geçen sezonda önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer biçimde, He vd. (2011) tarafından nodül oluşumu oldukça az olan bezelye bitkisi referans rizobiyum türleri ile inoküle edilerek bitkinin verimi ile rizobiyum azot fiksasyon kapasitesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonuç olarak; bitki parametreleri (nodül sayısı, ağırlığı, N akümüasyonu, tohum çimlenmesi) ile N fiksasyonu arasında pozitif ve güçlü bir ilişki tespit edildiği bildirilmiştir. Yine, Cathey vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada farklı ışıklandırma dereceleri altında yetiştirilen 9 farklı doğal baklagil toprağındaki azot fiksasyon değişimi incelenmiştir. Sonuçta sadece 2 baklagil rizosferindeki bakterilerin asetilen redüksiyon aktivitelerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mia vd. (2010) tarafından da azot fiksasyonu temelinde az çalışılmış olan muz bitkisinin verimi ve gelişimi için potansiyel biyogübre olabilecek rizobakteriler elde edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak; amonyum nitrat gübresi ile birlikte inokülasyonun kök ve sürgünü arttırdığı, Ca alımını arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca *Sp7* ve *UPMB10* strainlerinin azot fiksasyon yeteneğinde oldukları ve bu strainlerin minimum N'lu gübreleme ile desteklenmesi durumunda muz yetiştiriciliğinde biyogübre olarak kullanılabilecekleri bildirilmiştir.

Orman ve maden alanları ile ilgili olarak Cusack vd. (2009) tarafından orman alanında serbest yaşayan mikroorganizmalar tarafından toprağı kazandırılan N miktarının belirlenmeye çalışıldığı çalışma sonucunda asetilen redüksiyonu ile belirlenen nitrogenaz aktiviteleri ile serbest yaşayan mikroorganizmaların orman toprağına saatte 95-120 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ oranında N bağladığı belirlenmiş, N_2 fiksasyonunun toprak nemi ile yakın ilişki içerisinde olduğu da tespit edilmiştir. Buna benzer şekilde Muangthong vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada şeker kamışında endofitik azot fikse eden bakterilerin izolasyonu ve karakterizasyonu çalışılmış ve sonucunda, *Novosphingobium sediminicola* ve *Ochrobactrum intermedium* türlerinin en yüksek nitrogenaz aktivitesine sahip olduğu gözlenmiştir. Navarro-Noya vd. (2012) tarafından ise eski maden yatağına yetiştirilen öncü bitkilerin rizosferinden azot fikse eden heterotrofik bakteri izolasyonu ve tanımlanmasını hedefleyen bir çalışma yürütülmüştür. Sonuç olarak; öncü bitkilerin rizosferinden *Paenibacillus sp.*, *Azospirillum lipoferum* ve *Bradyrhizobium japonicum* bakterileri izole edilmiş, *Paenibacillus durus* BR-30 strainin en yüksek nitrogenaz aktivitesine sahip olduğu ancak ağır metaller (Ni ve Zn) hassas olduğu tespit edilmiştir. Puri vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada Kanada'da besin açısından fakir topraklarda azot fikse eden bakterilerle kuzey orman ağaçlarının büyümesi araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda; endofitik diazotrofik bakterilerin

doğal bir ilişki oluşturarak yüksek düzeyde bozulmuş topraklarda ladin fidelerinin hayatta kalması için büyük önem taşıdığı bulunmuştur. Aynı zamanda hibrit beyaz ladin ağaçlarında önemli endofitik N fiksasyonunun ilk kanıtıdır. Shakeri vd. (2015), susam çeşitlerinde tohum verimi ve kalitesi gibi özelliklerin belirlenmesi amacıyla *Azotobacter sp.* ve *Azospirillum sp.* bakterileri uygulanmıştır. Uygulama sonucunda araştırmacılar, N fikse eden bakterilerin susam verimini ve susam yağının kalitesini iyileştirdiği ortaya koymuşlardır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Denemede kullanılan toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri yapılmış ve elde edilen değerler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın özellikleri

Özellikler	Sonuçlar	Değerlendirme
pH (1:2,5)	7.38	Hafif Alkali
EC (1:2,5) ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	266	Tuzsuz
Kum (%)	40.14	Killi Tın
Kil (%)	30.65	
Silt (%)	29.21	
Organik madde (%)	1.29	Az
Kireç (%)	25.88	Çok fazla kireçli
Toplam N (%)	0.1358	Yetersiz
P (ppm)	101.29	Çok yüksek
K (ppm)	85.90	Normal
Ca (ppm)	1947	Normal
Mg (ppm)	277.9	Yüksek
Na (ppm)	40.93	Normal
Fe (ppm)	5.86	Yüksek
Mn (ppm)	6.60	Normal
Cu (ppm)	2.05	Yüksek
Zn (ppm)	3.92	Yüksek
Üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N saat}^{-1}$)	14.29	
Alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP saat}^{-1}$)	4.81	
β -glükosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG saat}^{-1}$)	2.09	
Dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF saat}^{-1}$)	0.04	
Bakteri sayısı (kob g^{-1})	0.3×10^5	

3.1.1. Deneme alanı ve süresi

Deneme, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi venlo tipi araştırma seralarında yürütülmüştür. Deneme saksılarında yetiştiricilik yaklaşık 74 gün (28 Şubat-11 Mayıs 2020) sürmüştür. Deneme sonunda alınan toprak (normal ve rizosfer) ve bitki örneklerinde analizler yapılmıştır.

3.1.2. Gübreleme materyali

Denemede kullanılan toprağın analizi sonucundaki veriler göz önüne alınarak, deneme konusu gereği azotsuz gübreleme yapılmıştır. Deneme toprağına fide dikiminden birkaç gün önce dekara 6 kg gelecek şekilde her bir saksıya potasyum sülfat (K_2SO_4) gübresi verilmiştir.

3.1.3. Deneme bitkisi

Denemede kıvırcık marul olarak bilinen Caipira (*Lactuca sativa* var. *crispa*) çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılan bitkilerin fideleri ticari bir firmadan hazır olarak temin edilmiştir.

3.1.4. Deneme konusu, deseni ve yürütülmesi

Çalışmanın ilk aşamasında vermikompost uygulanmış topraktan güz ve bahar döneminde örnekler alınıp azot fikse eden bakteriler izole edilmiş, izole edilen bakteriler 16S rDNA dizi analizine tabii tutulmuştur. Dizi analizi sonucunda tanımlanan bakteriler içinden şekil, renk, büyüklük gibi farklılıklarına ve kullandığımız besi ortamlarında gelişmelerine göre 5 farklı izolat seçilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan izolatlar ve içerikleri

Uygulamalar	İçeriği
Kontrol1	Bakterisiz, kimyasal gübreli
Kontrol2	Bakterisiz, kimyasal gübresiz
N1DBA-5	<i>Nocardioides</i> sp. <i>BRM13</i>
NHBA-1	<i>Rhizobium</i> sp. <i>DR7-15</i>
NHBD-5	<i>Bacillus</i> sp. <i>NO16</i>
NNBD-7	<i>Bacillus endophyticus</i>
N1DBD-4	<i>Lysobacter antibioticus</i> strain 76

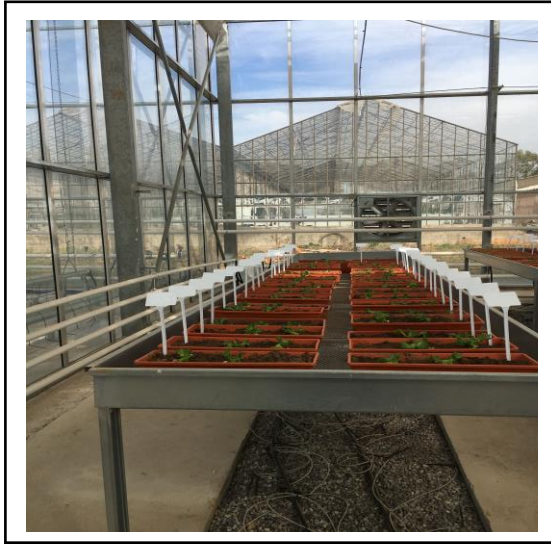
Çalışmanın ikinci aşamasını saksı denemesi oluşturmuştur. Bu kapsamda saksı denemesi 7 uygulama ve 5 tekrerrür olacak şekilde 35 saksıdan oluşmuştur. Uygulamalar ve içerikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Her saksıda 3 fide olacak şekilde fide dikimleri

yapılmıştır. Daha sonra saksılardaki sağlıklı fideler seçilerek, her saksıda 1 bitki kalacak şekilde seyreltilmiştir.

Deneme toprağı, büyük toprak eleğinden elenerek her bir saksıya 8 kg gelecek şekilde saksılara konulmuştur (Şekil 3.1). Bakteri içeren uygulamalara ait saksılara ilk bakteri uygulaması (15 ml, 10^7 kob ml⁻¹) fide dikiminden bir hafta sonra fide kök bölgesine yapılmıştır. İkinci bakteri uygulaması ise dikimden sonraki ikinci hafta yapılmıştır. Deneme boyunca sulama ve diğer kültürel işlemler her saksıda aynı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemeye ait görüntü Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme saksılarının hazırlanma aşamasından görüntüler



Şekil 3.2. Serada gerçekleştirilen saksı denemesinden bir görünüm

3.1.5. Analizler için örnekleme şekli

Deneme sonunda, hasat sırasında alınan toprak örneklerinde kimyasal ve biyolojik analizler yapılmıştır. Toprak örnekleri hem normal toprak hem de rizosfer bölgesinden alınmıştır. Rizosfer örnekleri köklenen marulların steril olmasına dikkat edilerek örnek torbalarına konulup silkelemek suretiyle alınmıştır. Aynı zamanda hasat sırasında alınan bitki örneklerinde fiziksel ölçümler ve kimyasal analizler yapılmıştır. Alınan toprak ve rizosfer örneklerinde pH ve EC ölçümleri de yapılmıştır. Biyolojik analizlerde kullanılacak toprak ve rizosfer örnekleri +4°C’de analiz yapılmaya kadar saklanmıştır. Kimyasal analizlerde kullanılacak toprak ve rizosfer örnekleri ise hava kuru hale getirilip elenerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.3. Analizler için yapılan örnekleme şekillerinden görünüm

3.2. Metot

Çalışma kapsamında hasat döneminde toprak ve bitki örnekleri alınmış ve bitki örneklerinde fiziksel ölçümler, toprak örneklerinde ise kimyasal ve biyolojik analizler yapılmıştır. Denemede kullanılan toprakta deneme kurulmadan önce; toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı, üreaz aktivitesi, alkali fosfataz aktivitesi, β -glukosidaz aktivitesi, dehidrogenaz aktivitesi, değişebilir amonyum, nitrat, nitrit, bünne, pH, EC, kireç, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, alınabilir demir, mangan, çinko ve bakır analizleri yapılmıştır.

3.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler

Deneme sonunda alınan toprak örneklerinde (35 normal toprak + 35 rizosfer toprağı olmak üzere toplam 70 örnek) değişebilir amonyum, nitrat, nitrit analizi ve makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda deneme sonunda alınan bitki örneklerinde (35 bitki) makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır.

3.2.1.1. Topraktaki mineral azot formları (amonyum, nitrat, nitrit) analizi

Deneme sonunda alınan toprak örneklerinde amonyum, nitrat ve nitrit analizleri yaş topraktan elde edilen ekstrakt ile yapılmıştır. Bu yöntemde, standart bir ekstraksiyon metodu olarak, 10 g kuru toprağı eş değer miktarda yaş toprak üzerine 100 ml 2 M KCl çözeltisi eklenmiş ve 1 saat 120 devir/dk hızda çalkalamaya bırakılmıştır. Elde edilen süzük analizlerde kullanılmıştır (Forster 1995).

a. Toprakta amonyum analizi

Bu analizde toprak ekstraktındaki amonyum kolorimetrik olarak ölçülmüştür. Bu yöntemde renklendirici olarak salisilat kullanılmıştır. Analizde 0.1 ml süzük üzerine 5 ml renklendirme çözeltisi (34 g sodyum salisilat + 25 g sodyum sitrat + 25 g sodyum tartarat + 0.12 g sodyum prusid L^{-1}) eklenip karıştırıldıktan sonra 15 dk beklemeye alınmıştır. Daha sonra üzerine 5 ml alkali hipoklorid çözeltisi eklenmiştir. Renk oluşumu için 1 saat beklemeye alınmıştır. Bir saat sonunda örnekler spektrofotometrede 660 nm dalga boyunda okuması yapılmıştır. Amonyum standartları ve kör de aynı işlemlere tabii tutulmuştur. Oluşturulan standart kurve ve kör değerleri, ekstraksiyon sırasında kullanılan toprak miktarı ve seyreltme faktörü dikkate alınarak toprak örneğinin amonyum kapsamı hesaplanmıştır (Forster 1995).

b. Toprakta nitrat analizi

Bu analizde 0.5 ml süzük üzerine 1 ml %5'lik salisilik asit çözeltisi (konsantre sülfürik asit ile hazırlanmış) ilave edilip karıştırıldıktan sonra 30 dk beklemeye alınmıştır. Beklemenin ardından örnek üzerine 10 ml 4 M NaOH çözeltisi eklenip 1 saat beklemeye bırakılmıştır. Bir saat sonunda oluşan renk spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur. Standart kurve ve kör değerleri, kullanılan toprak miktarı ve seyreltme faktörü göz önüne alınarak hesaplama yapılmış ve toprağın nitrat içeriğı belirlenmiştir (Anderson ve Ingram 1989).

c. Toprakta nitrit analizi

Bu analizde 2 ml süzük üzerine 45 ml saf su ve 1 ml sülfanilamid çözeltisi (100 ml 2.4 M HCl içerisinde çözünmüş 0.5 g sülfanilamid olacak şekilde hazırlanmıştır) eklenip karıştırıldıktan sonra 5 dk beklenmiştir. Daha sonra örnek üzerine 1 ml N-(1-naftil)-etilendiamin hipoklorid çözeltisi (0.12 M HCl içerisinde %3'lük olacak şekilde hazırlanmıştır) eklenip 20 dk beklemeye bırakılmıştır. Bekleme sonunda son hacim 50 ml'ye tamamlanıp spektrofotometrede 540 nm dalga boyunda okunmuştur. Standart kurve ve kör değerleri, aynı işlemlere tabii tutulmuştur (Keeney ve Nelson 1982).

3.2.1.2. Toprakta bünye tayini ve kimyasal analizler

Toprakta 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 ekstraktında Jackson (1967)'a göre, toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre (Kacar 1995), alınabilir fosfor Olsen metoduna göre (Olsen ve Sommers 1982), değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum 1 N amonyum asetat (pH 7) metoduna göre (Kacar 1995), alınabilir demir, mangan, çinko ve bakır DTPA ekstraksiyon metoduna göre (Lindsay ve Norvell 1978) belirlenmiştir. Ekstrakte edilen makro ve mikro besin elementlerinin belirlenmesinde ICP OES cihazı kullanılmıştır.

3.2.2. Biyolojik analizler

Deneme kurulmadan önce vermikompost uygulanmış topraktan azot fikse edici bakteri izolasyonu ve saflaştırılması yapılmıştır. Deneme sonunda ise alınan örneklerde (35 normal toprak + 35 rizosfer toprağı olmak üzere toplam 70 örnek) toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı, üreaz aktivitesi, alkali fosfataz aktivitesi, β -glükosidaz aktivitesi, dehidrogenaz aktivitesi analizleri yapılmıştır.

3.2.2.1. Azot fikse edici bakteri izolasyonu ve saflaştırılması

Saflaştırma aşamasında genel azot fikse eden bakterilere yönelik olarak Rennie (1981) tarafından tarif edilen azotsuz genel besi ortamı ile Brown vd. (1962) tarafından *Azotobacter* türlerine yönelik olarak tarif edilen azotsuz besi ortamı kullanılmıştır. İzolatların saflaştırılması aşamasında ise YEMA (Yeast Extract Mannitol Agar) besi ortamı kullanılmıştır (Subba Rao 1994). Ayrıca, bu izolatların NBA (Nutrient Broth Agar) besi ortamında da gelişip gelişmedikleri test edilmiştir (Parkinson vd. 1971).

a. Genel azot fiksasyon besi ortamı

Besi ortamı için 2 farklı solüsyon hazırlanmıştır. Solüsyon A, 900 ml saf su içerisine 0.8 g potasyum monohidrojen fosfat (K_2HPO_4), 0.2 g potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), 0.1 g sodyum klorür ($NaCl$), 28 mg etilendiamintetraasetik asit disodyum Fe tuzu ($Na_2FeEDTA$), 25 mg sodyum molibdat dihidrat ($Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$), 100 mg yeast ekstrakt, 5 g mannitol, 5 g sükröz, 0.5 ml sodyum laktat (%60) ve 12 g agar eklenmesi şeklinde hazırlanmıştır. Solüsyon B ise, 100 ml saf su içerisine 0.2 g magnezyum sülfat heptahidrat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ve 0.06 g kalsiyum klorür ($CaCl_2$) eklenmesi şeklinde hazırlanmıştır. Hazırlanan bu iki solüsyon ayrı ayrı $121^\circ C$ 'de 15 dk

otoklavda sterilize edilmiştir. Solüsyonlar soğuduktan sonra karıştırılıp filtre ile sterilize edilmiş biotin (5 mg L⁻¹) ve p-aminobenzoik asit (10 mg L⁻¹) eklenmiştir. Daha sonra besi ortamı steril asit veya alkali kullanılarak pH 7'ye ayarlanmıştır. Hazırlanan ortam petri kaplarına aktarılıp, besi ortamı donmaya bırakılmıştır (Rennie, 1981).

Hazırlanan petrilere toprak seyreltme tüplerinden 0.1 ml aktarılmış ve yayma işlemi steril spatül ile yapılmıştır. Yayma işlemleri yapılan petriler 28°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda oluşan koloniler arasından şekil, renk vb. özelliklere göre seçilen izolatlar şunlardır: NHBD-5, N1DBD-6, N1DBD-4, NHBD-7, NHBD-4, NVBD-6, NVBD-5, NVBD-4, NNBD-7, NNBD-6, NVBD-3.

b. *Azotobacter* besi ortamı

Besi ortamı, 1 L saf su içerisine 5 g glikoz, 0.2 g magnezyum sülfat heptahidrat (MgSO₄.7H₂O), 0.04 g demir sülfat heptahidrat (FeSO₄.7H₂O), 0.005 g sodyum molibdat dihidrat (Na₂MoO₄.2H₂O), 0.15 g kalsiyum klorür (CaCl₂) ve 15 g agar eklenmesi şeklinde hazırlanmıştır. Hazırlanan solüsyon 121°C'de 15 dakika otoklavda sterilize edilmiştir. Solüsyon soğuduktan sonra içerisine 0.8 g L⁻¹ nihai konsantrasyonu vermek için ayrı sterilize edilmiş potasyum monohidrojen fosfat (K₂HPO₄) çözeltisi eklenmiştir. Bu solüsyonun nihai pH'ı 6.8-7 arasındadır. Hazırlanan bu solüsyon petri kaplarına aktarılıp, besi ortamı donmaya bırakılmıştır (Brown vd. 1962).

Hazırlanan petrilere, toprak seyreltme tüplerinden 0.1 ml aktarılmıştır. Daha sonra etil alkole batırılıp ateşte yakılmak suretiyle sterilize edilen spatül yardımıyla yayma işlemi yapılmıştır. Yayma yapılan petri kapları 28°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda oluşan koloniler arasından şekil, renk vb. özelliklere göre seçilen izolatlar şunlardır: NHBA-1, NHBA-4, NVBA-3, NNBA-5, N1DBA-5, N1DBA-4, N1DBA-3, NNBA-4.

c. YEMA (Yeast Extract Mannitol Agar)

Besi ortamı, 1 L saf su içerisine 10 g mannitol, 0.5 g potasyum monohidrojen fosfat (K₂HPO₄), 0.1 g sodyum klorür (NaCl), 0.2 g magnezyum sülfat heptahidrat (MgSO₄.7H₂O), 1 g yeast ekstrakt, 2.5 ml kongo kırmızısı (%1) ve 20 g agar eklenmesi sonucunda hazırlanmıştır. Hazırlanan ortam 121°C'de 15 dk otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilize edilen besi ortamı soğuduktan sonra petri kaplarına aktarılmıştır. Petri kaplarına aktarılan besi ortamları donmaya bırakılmıştır (Subba Rao 1994).

Bu besi ortamı *Azotobacter* ve genel azotsuz besi ortamlarında gelişen kolonilerin saflaştırılması için kullanılmıştır. Genel bir ortam olan Nutrient agar ortamında izolatların tümünün gelişim göstermemesi nedeniyle genel besi ortamı olarak YEMA besi ortamı kullanılmıştır ve YEMA besi ortamında saflaştırmalar yapılmıştır. Azotsuz besi ortamlarında gelişen bakteri izolatları YEMA besi ortamına steril kürdan yardımıyla alınmış ve nokta ekim yapılmıştır. Nokta ekimi yapılan petriler 28°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda gelişen kolonilerin yine YEMA besi ortamında çizgi yöntemi kullanılarak saflaştırmaları yapılmıştır. Petri kaplarındaki besi ortamlarına çizim işlemi için steril öze kullanılmıştır. Çizimi yapılan petriler 28°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda gelişen koloniler kültüre alınmıştır.

Geliştirilen izolatların aşılama amacıyla yetiştirilmesi ve kalibrasyonu için YEMA besi ortamı kullanılmıştır. Ultra derin dondurucuda (-86°C) saklanan saf kültürden katı besi ortamına çizim yapılmış ve inkübasyona bırakılmıştır. Aynı zamanda YEMA besi ortamı sıvı olarak da hazırlanmıştır. Katı besiyerinde gelişen koloniden sıvı besiyerine ekim yapılmıştır. Sıvı besi ortamına ekim yapıldıktan sonra 28°C'de 95 devir/dk çalkalamaya bırakılmıştır. Inkübasyon sırasında belirli aralıklarla besin ortamından alınan sıvı örnekler spektrofotometrede 600 nm dalga boyunda okunmuş ve daha önceden oluşturulan kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılarak solüsyondaki bakteri sayıları belirlenmiştir. Buna göre, denemede kullanılacak her bir izolata ait besi ortamındaki bakteri sayısının aynı olması (10^7 kob ml⁻¹) sağlanmıştır. Bu solüsyonlar aşı materyali olarak her bir saksıya 15 ml olacak şekilde fidelerin kök bölgelerine uygulanmıştır. Bu işlem birer hafta arayla iki kez yapılmıştır.

3.2.2.2. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

Bu analizde, seyreltme-plak yöntemi kullanılmıştır. Analizin ilk aşamasında dilisyon tüpleri hazırlanıp seyreltme yapılmıştır. Daha sonra her bir seyreltme tüpünden 100 µl alınarak nutrient agar bulunan petri kaplarına eklenip yayma işlemi yapılmıştır. Katı besi ortamı 50 mg L⁻¹ cycloheximide (antifungal) içermektedir. Yayma işlemi yapılan petri kapları 28°C'de 3 gün inkübasyona bırakılmıştır. 3 günün sonunda inkübasyondaki petri kaplarının koloni sayımları yapılmıştır. Koloni sayımları yapılan bakteri sayısı şu şekilde hesaplanmaktadır (Parkinson vd. 1971):

Bakteri sayısı (kob g⁻¹ kuru toprak) = Koloni sayısı x Seyreltme oranı x Petriye aktarılan çözelti miktarı

Koloni sayısı 30-300 arasındakiler hesaba dahil edilir.

3.2.2.3. Üreaz aktivitesi

Bu analizde, 10 g toprak üzerine 0.2 ml toluen, 7.5 ml sitrat tampon çözeltisi (368 g sitrik asit ve 295 g potasyum hidroksit 1 L saf su içinde hazırlanmış ve pH 6.7'ye ayarlanmıştır) ve 10 ml üre çözeltisi (%10) eklenip çalkalanmıştır. Çalkalanan örnekler 37°C'de 3 saat inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda örneklerin son hacimleri 100 ml'ye 37°C'de saf su ile tamamlanmıştır. Daha sonra mavi bantlı filtre kağıdından süzölmeye bırakılmıştır. Elde edilen süzükten 1 ml alınarak üzerine 10 ml saf su, 4 ml sodyum fenolat (62.5 g fenol/100 ml) ve 3 ml sodyum hipoklorit (%0.9) eklenmiştir. Açığa çıkan amonyum spektrofotometrede 578 nm dalga boyunda okuması yapılarak formüle göre hesaplaması yapılmıştır (Hoffman ve Teicher 1961).

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

C = Hesaplanan NH₄⁺-N konsantrasyonu,

dwt = 1 g nemli toprağın kuru ağırlığı,

V = Toprak çözeltisinin son hacmi,

SW = Tartılan toprak ağırlığı (g),

T = İnkübasyon süresi (saat),

S = Seyreltme faktörü

3.2.2.4. Alkali fosfataz aktivitesi

Bu analizde, 1 g toprak üzerine 0.2 ml toluen, 4 ml MUB (12.1 g tris, 11.6 g maleik asit, 14 g sitrik asit ve 6.3 g borik asit 1 L saf su içerisinde hazırlandı ve pH 11'e ayarlandı) ve substrat olarak MUB'la hazırlanmış 1 ml p-nitrofenil fosfat (0.835 g PNP Fosfat 50 ml MUB olacak şekilde hazırlandı) ilave edilip 37°C'de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda örneklerin üzerine 1 ml 0.5 M CaCl₂ ve 4 ml 0.5 M NaOH eklenerek aktivite durdurulmuş, mavi bantlı filtre kağıdından süzölmeye bırakılmıştır. Elde edilen süzükte oluşan sarı renk yoğunluğu spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur. Süzüğün p-nitrofenol (PNP) içeriği saf p-nitrofenol ile hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak hesaplanmıştır (Tabatabai ve Bremner 1969).

$$\text{Alkali fosfataz aktivitesi } (\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ kuru toprak saat}^{-1}) = \frac{C(\text{PNP}) \times V \times S}{dwt \times SW \times T}$$

C = Hesaplanan PNP konsantrasyonu,

dwt = 1 g nemli toprağın kuru ağırlığı,

V = Toprak çözeltisinin son hacmi,

SW = Tartılan toprak ağırlığı (g),

T = İnkübasyon süresi (saat),

S = Seyreltme faktörü

3.2.2.5. β-glikosidaz aktivitesi

Bu analizde, 1 g toprak üzerine 0.2 ml toluen, 4 ml MUB (12.1 g tris, 11.6 g maleik asit, 14 g sitrik asit ve 6.3 g borik asit 1 L saf su içerisinde hazırlanmış ve pH 6'ya ayarlanmıştır) ve substrat olarak 1 ml p-nitrofenil-β-D-glukosit (0.654 g PNG 50 ml MUB olacak şekilde hazırlanmıştır) çözeltisi ilave edilip 37°C'de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda örneklerin üzerine 1 ml 0.5 M CaCl₂ ve 4 ml THAM tampon çözeltisi (12.2 g tris 1 L saf su içerisinde hazırlanmış ve pH 12'ye ayarlanmıştır) eklenip mavi bantlı filtre kağıdından süzölmeye bırakılmıştır. Elde edilen süzükte oluşan sarı renk spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda okunmuştur. Süzüğün p-nitrofenol içeriği saf p-nitrofenolle (1 g p-nitrofenol/1 L) hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak hesaplanmıştır (Eivazi ve Tabatabai 1988).

$$\beta\text{-glukosidaz aktivitesi } (\mu\text{g PNG g}^{-1} \text{ kuru toprak saat}^{-1}) = \frac{C(\text{PNG}) \times V \times S}{dwt \times SW \times T}$$

C = Hesaplanan PNG konsantrasyonu,

dwt = 1 g nemli toprağın kuru ağırlığı,

V = Toprak çözeltisinin son hacmi,

SW = Tartılan toprak ağırlığı (g),

T = İnkübasyon süresi (saat),

S = Seyreltme faktörü

3.2.2.6. Dehidrogenaz aktivitesi

Bu analizde, 5 g nemli toprak üzerine 5 ml TTC (10.8 g 2,3,5-Trifeniltetrazolyum klorid/100 ml) eklenip 30°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda örneklerin üzerine 40 ml aseton eklenerek 2 saat karanlıkta beklemeye alınmıştır. 2 saat sonunda mavi bantlı filtre kağıdından süzölmeye bırakılmıştır. Elde edilen süzük spektrofotometrede 546 nm dalga boyunda okunmuştur. Süzüğün TPF içeriği TPF standart çözeltisinden (50 mg trifenil formazan/100 ml aseton) hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak hesaplanmıştır (Thalman, 1968).

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

C = Hesaplanan TPF konsantrasyonu,

dwt = 1 g nemli toprağın kuru ağırlığı,

V = Toprak çözeltisinin son hacmi,

SW = Tartılan toprak ağırlığı (g)

3.2.3. Bitkide yapılan analizler

3.2.3.1. Bitki verim ve kalite parametreleri

Hasat edilen bitkilerde bitki ağırlığı (g), baş uzunluğu (cm), kök boğazı çapı (cm), yaprak genişliği (cm) ve yaprak sayısı (adet) ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler kumpas, cetvel ve tartımlar terazisi ile yapılmıştır.



Şekil 3.4. Bitki verim ve kalite parametre ölçümlerinden görünüm

3.2.3.2. Bitkide makro-mikro besin elementi analizleri

Deneme sonunda hasat edilen bitki örnekleri, laboratuvar ortamında sterilizasyonuna dikkat edilerek yıkanmıştır. Yıkandıktan sonra kese kağıtlarına konularak ağzları açık bırakılarak 65°C’de havalandırmalı kurutma dolabında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra kurutulan örnekler öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Bitki örneklerinde toplam azot miktarı modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir. Bitkide toplam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, mangan, çinko ve bakır miktarı yaş yakma sonucu elde edilen süzük ICP ile okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

3.2.4. İstatiksel analizler

Çalışma sonuçları SPSS 23.0 paket programı kullanılarak, tek yönlü varyans analizi (ONE-WAY ANOVA) (%5 düzeyinde) ile istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Önemli bulunan sonuçlar Duncan benzerlik testi ile harflendirilerek derecelendirilmiştir. Bunun yanı sıra elde edilen değerler üzerinde Tukey HSD benzerlik testi de uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Vermikompost Uygulanmış Topraktan İzole Edilen Bakteriler

Vermikompost uygulanmış ve yetiştiricilik yapılmış topraktan alınan örneklerde *Azotobacter* ve genel azot fiksasyon besi ortamları kullanılarak izolasyon yapılmıştır. *Azotobacter* besi ortamında izole edilen izolatlar; NHBA-1, NHBA-4, NVBA-3, NNBA-4, NNBA-5, N1DBA-3, N1DBA-4, N1DBA-5 ve genel azot fiksasyon besi ortamında izole edilen izolatlar ise; NHBD-4, NHBD-5, NHBD-7, N1DBD-4, N1DBD-6, NVBD-3, NVBD-4, NVBD-5, NVBD-6, NNBD-6, NNBD-7 olmuştur. Bu izolatların saflaştırılması aşamasında YEMA besi ortamı kullanılmıştır ve saflaştırma sonrasında gelişen izolatlar (NHBA-1, NHBA-4, NVBA-3, N1DBA-5, N1DBA-3, NNBA-4, NHBD-5, N1DBD-4, NNBD-7, NNBD-6) 16S rDNA dizi analizine gönderilmiştir. 16S rDNA dizileri elde edilen izolatlar arasından dizi analiz sonuçlarına, izole edildikleri besi ortamı ve YEMA ve NBA besi ortamlarındaki gelişme durumlarına göre 5 izolat (N1DBA-5, NHBA-1, NHBD-5, NNBD-7, N1DBD-4) saksı denemelerinde kullanılmak üzere seçilmiştir.

Çizelge 4.1. Seçilen bakteri izolatlarının gelişim gösterdikleri besi ortamları, 16S rDNA dizi sonuçları ve benzerlik yüzdeleri

İzolatlar	İzolasyon Besi Ortamı		YEMA	NBA	Bakterilerin 16S rDNA Dizileme Sonuçları	Benzerlik Yüzdeleri
	Genel	<i>Azotobacter</i>				
N1DBA-3	√		+		<i>Uncultured Stenotrophomonas sp. clone F1Sfeb.63</i>	97.93
N1DBA-5	√		+	+	<i>Nocardiodies sp. BRM13</i>	92.67
N1DBD-4		√	+		<i>Lysobacter antibioticus strain 76</i>	97.73
NHBA-1	√		+	+	<i>Rhizobium sp. DR7-15</i>	97.41
NHBA-4	√		+		<i>Serratia rubidaea strain KAP</i>	87.78
NHBD-5		√	+	+	<i>Bacillus sp. NO16</i>	93.50
NNBA-4	√		+		<i>Serratia rubidaea strain KAP</i>	86.99
NNBD-6		√	+		<i>Micrococcus sp. C8-2</i>	99.72
NNBD-7		√	+	+	<i>Bacillus endophyticus</i>	97.26
NVBA-3	√		+	+	<i>Streptomyces sp. BEE9H7</i>	94.47

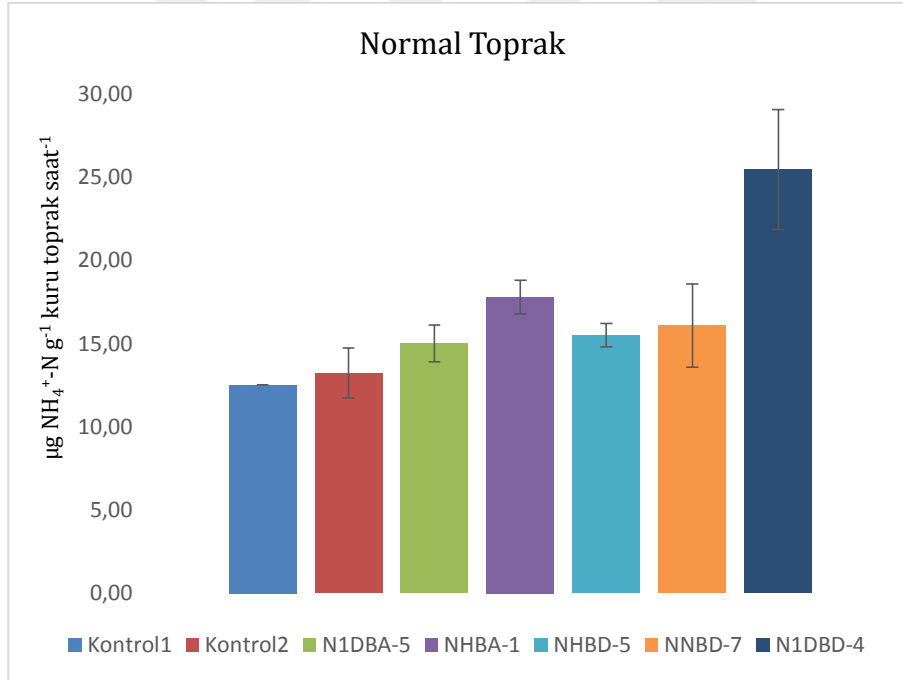
4.2. Topraktaki Enzim Aktiviteleri

Tez kapsamında yapılan denemede alınan toprak örnekleri normal toprak ve rizosfer toprağı olarak incelenmiştir. İncelemeler sonucunda elde edilen veriler standart sapma ve hata çubukları ile birlikte grafik olarak ve istatistiki çizelgeler şeklinde yorumlanmıştır.

4.2.1. Üreaz aktivitesi

Normal Toprak

Uygulamaların normal toprakta üreaz enzim aktivitesi üzerine etkileri Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere tüm uygulama grupları içerisinde üreaz aktivitesinin en yüksek bulunduğu uygulama N1DBD-4 ($25.43 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) olmuştur. En düşük değer ise beklenildiği üzere Kontrol1 ($12.50 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında gözlemlenmiştir. Diğer tüm uygulamalardaki üreaz enzim aktivitesi birbirine benzer değerlere sahiptir. Bu veriler, Çizelge 4.2’de gösterildiği gibi uygulamaların üreaz aktivitesi değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak doğrulanmıştır. Uygulamaların üreaz aktivite değerleri arasındaki fark %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.1. Uygulamaların normal toprakta üreaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine etkileri

Çizelge 4.2. Uygulamaların normal toprakta enzim aktiviteleri ve mezofilik bakteri sayıları üzerine etkileri

Uygulamalar	Üreaz ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹)	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 bakteri (kob g ⁻¹ kuru toprak (x10 ⁵))
Kontrol1	12.500b ¹	8.446	2.040	0.140a	0.660b
Kontrol2	13.216b	8.732	1.856	0.072b	0.050b
N1DBA-5	15.000b	8.264	1.982	0.092ab	0.400b
NHBA-1	17.778b	7.490	1.828	0.008c	0.420b
NHBD-5	15.477b	7.034	1.612	0.090ab	1.020b
NNBD-7	16.072b	7.288	1.846	0.120ab	1.040b
N1DBD-4	25.434a	7.238	2.236	0.065bc	2.540a
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)					
	4.971** ²	Ö.D. ⁴	Ö.D.	4.601**	6.007*** ³

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

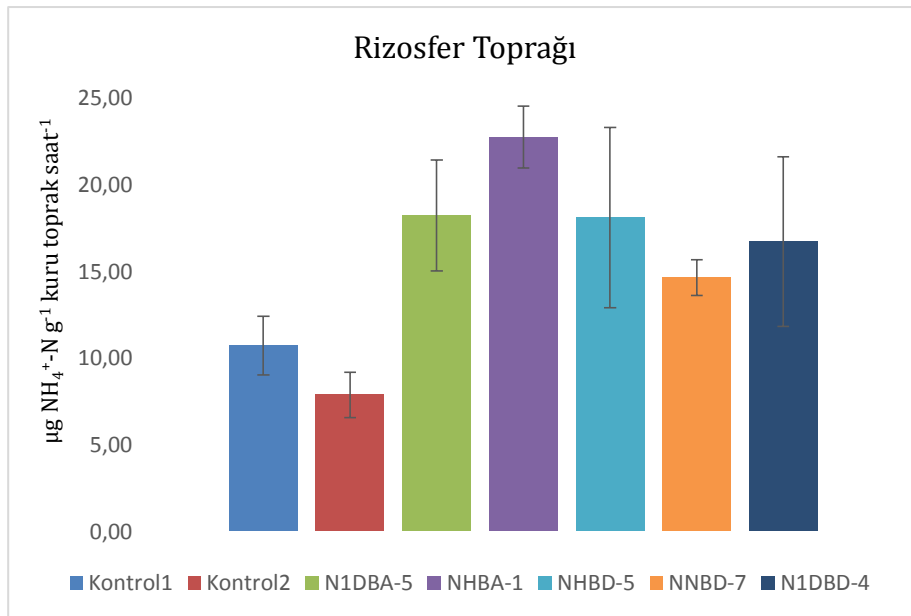
2 **, %1 düzeyinde önemlidir

3 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir

4 Ö.D.; Önemli değil

Rizosfer Toprağı

Alınan rizosfer toprağı örneklerinde uygulamaların üreaz enzim aktiviteleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Aktivite değerleri en yüksek NHBA-1 (22.73 $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında, en düşük aktivite ise Kontrol2 (7.85 $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulanmasında belirlenmiştir. Çizelge 4.3’te görüldüğü üzere NHBA-1 uygulaması ile diğer uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli (%5) bir fark bulunmuştur.

**Şekil 4.2.** Uygulamaların rizosfer toprağındaki üreaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine etkileri

Çizelge 4.3. Uygulamaların rizosfer toprağında enzim aktiviteleri ve mezofilik bakteri sayıları üzerine etkileri

Uygulamalar	Üreaz ($\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹)	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 bakteri (kob g ⁻¹ kuru toprak (x10 ⁵))
Kontrol1	10.712b ¹	15.030a	2.794cd	0.115ab	0.960b
Kontrol2	7.854b	8.770bc	2.284d	0.094b	1.120b
N1DBA-5	18.212ab	9.282bc	3.020bcd	0.105b	1.000b
NHBA-1	24.405a	7.827c	3.330bc	0.206a	1.460b
NHBD-5	18.096ab	7.887c	2.648cd	0.120b	0.820b
NNBD-7	14.635ab	10.700b	3.658ab	0.085b	0.650b
N1DBD-4	16.706ab	7.946c	4.156a	0.150ab	3.200a
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)					
	2.599* ²	9.161***	5.979*** ³	3.783*	3.070*

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

2 *, %5 düzeyinde önemlidir

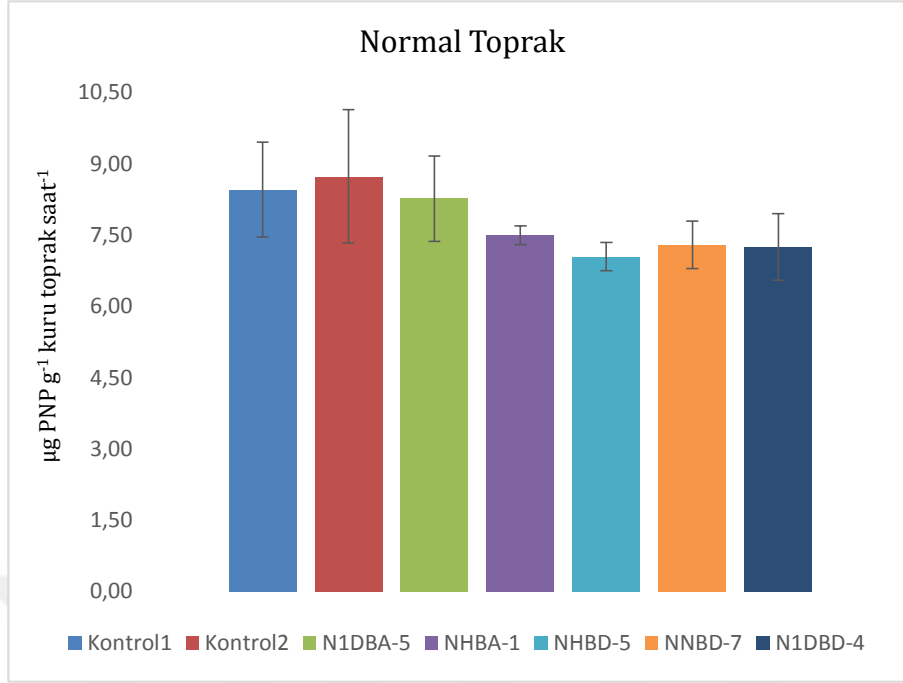
3 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir

Üçüncü (2018) tarafından yapılan çalışmaya bakıldığında, uygulanan bakteri aşılması sonucunda topraktaki üreaz aktivitesindeki farkın %1 düzeyinde önemli bulunduğu gösterilmiştir. Yaptığımız çalışmanın verileri bu literatür ile uyum göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda, topraklara organik gübre ilaveleri üreaz aktivitesini artırmış ve bunun asıl sebebinin organik madde ve N içeriği olduğu öne sürülmüştür (Dick ve Tabatabai 1992; Tavalı 2011). Buna benzer olarak yaptığımız çalışmada mikrobiyal gübreleme sonrasında üreaz aktivitesinin artmasının sebebinin de organik madde ve N içeriği olduğu düşünülmektedir.

4.2.2. Alkali fosfataz aktivitesi

Normal Toprak

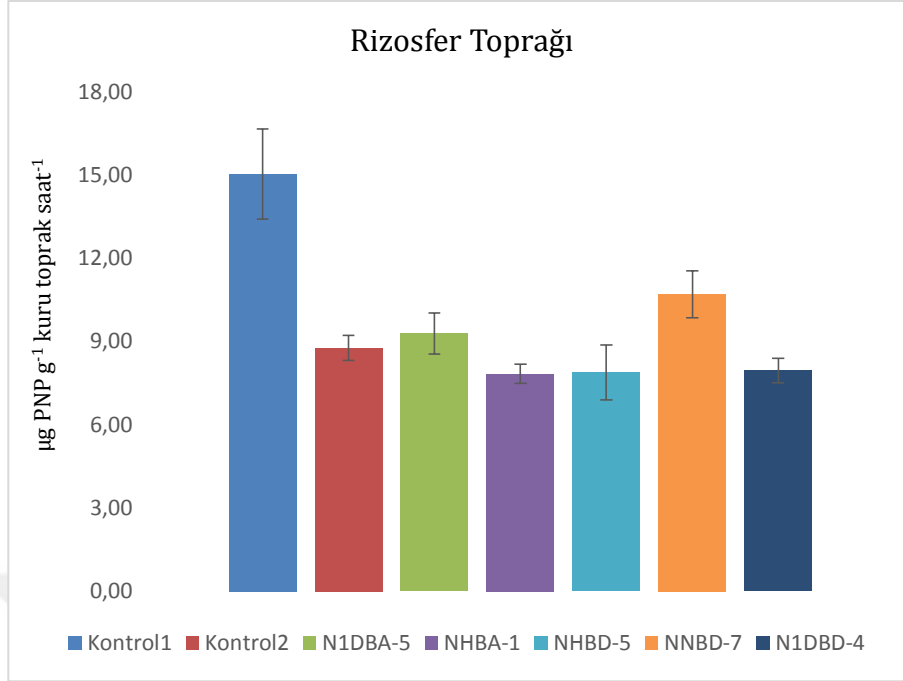
Deneme saksılarından alınan normal toprak örneklerinde alkali fosfataz enzim aktivitesi değerlerine ait grafik Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Şekle göre, tüm uygulamaların alkali fosfataz enzim aktivite değerleri birbirine oldukça yakın olmuştur. Uygulamalar arasında alkali fosfataz aktivitesi açısından istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmamıştır (Çizelge 4.2).



Şekil 4.3. Uygulamaların normal topraktaki alkali fosfataz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Uygulamalardan alınan rizosfer toprağı örneklerinde alkali fosfataz enzim aktivitesi değerlerine ait grafik Şekil 4.4' te verilmiştir. Şekle göre, alkali fosfataz enzim aktivite değeri en yüksek Kontrol1 ($15.03 \mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında, en düşük aktivite değeri ise N1DBD-4, NHBD-5 ve NHBA-1 uygulamalarında belirlenmiştir. Çizelge 4.3'e bakıldığında uygulamaların alkali fosfataz aktivite değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli (%0.1) bulunmuştur.



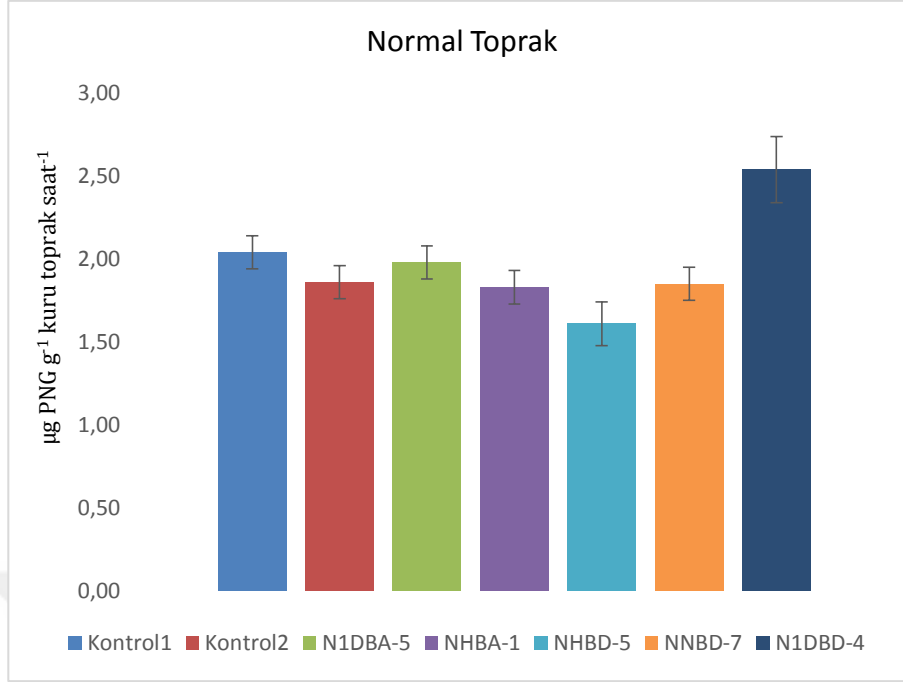
Şekil 4.4. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alkali fosfataz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine etkileri

Üçüncü (2018) tarafından yapılan çalışmada, azot uygulanan toprakta alkali fosfataz enzim aktivitesinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Lu ve ark. (2020)'nin yaptığı bir başka çalışmada ise Rs198LBF izolatının uygulandığı toprakta alkali fosfataz aktivitesinin arttığı rapor edilmiştir. Yaptığımız çalışmada da bu iki literatür çalışmasına benzer olarak rizosfer topraklarında alkali fosfataz aktivitesi artış göstermiştir.

4.2.3. β -glikosidaz aktivitesi

Normal Toprak

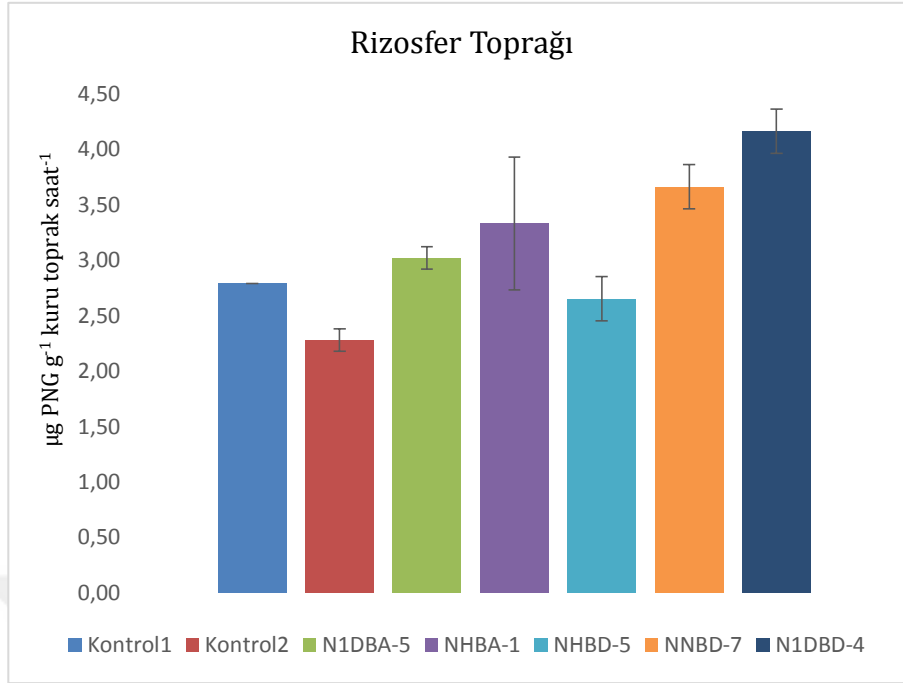
Alınan toprak örneklerinde β -glikosidaz enzim aktivitesi değerlerine ait grafik Şekil 4.5'te verilmiştir. Şekle göre aktivitenin en yüksek olduğu uygulama N1DBD-4 ($2,24 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) iken en düşük uygulama NHBD-5 ($1,6 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.2'de gösterildiği üzere uygulamaların β -glikosidaz aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Ancak yapılan Tukey HSD testine göre, sadece NHBD-5 uygulaması ile N1DBD-4 uygulaması arasında %5 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.5. Uygulamaların normal topraktaki β -glukosidaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Alınan rizosfer toprağındaki incelenen β -glukosidaz enzim aktivitesi değerlerine ait grafik Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekle göre en yüksek β -glukosidaz enzim aktivitesi N1DBD-4 ($4.16 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında, en düşük aktivite ise Kontrol2 ($2.28 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasında belirlenmiştir. Çizelge 4.3'e göre bu iki uygulamanın β -glukosidaz aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak önemli (%0.1) bir fark bulunmuş, diğer uygulamalar arasında ise yakın değerler olduğu için istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Rizosfer toprağındaki β -glukosidaz enzim aktivitesi N1DBD-4 uygulamasında normal topraktakine göre yaklaşık iki kat daha yüksek olmuştur. Bunun tersine, Kontrol2 uygulamasına ait normal toprakta enzim aktivitesinin rizosfer toprağına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3).



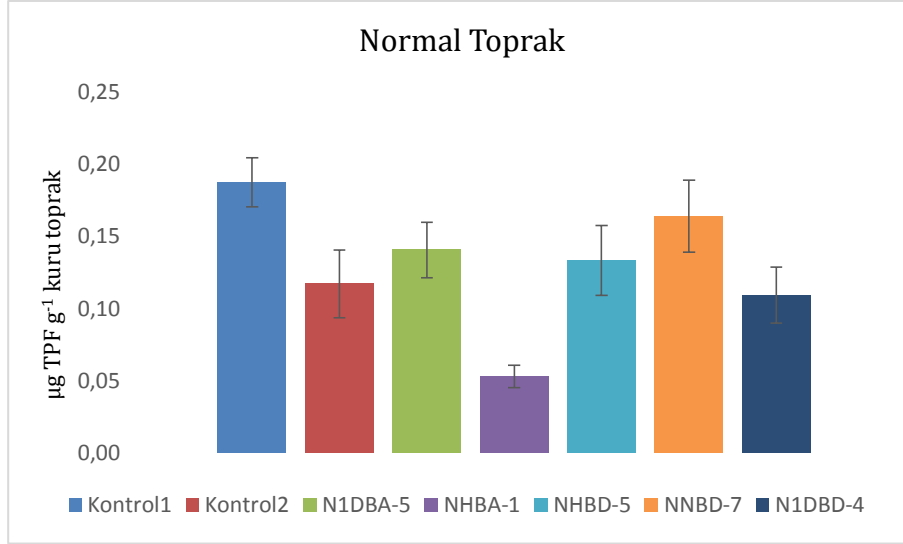
Şekil 4.6. Uygulamaların rizosfer toprağındaki β -glikosidaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine etkileri

Chang ve ark. (2007)'nın yaptıkları çalışmada, kimyasal gübreli ve kimyasal gübresiz uygulamaların kompost uygulamalarına göre daha yüksek selüloz ve β -glikosidaz aktivite değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir. Holik ve ark. (2019) kimyasal gübre ve çiftlik gübresi uyguladıkları çalışmada glikosidazların aktivitesinin arttığını tespit etmişlerdir. Holik ve ark. (2019) çalışmasına benzer olarak yaptığımız çalışmada da glikosidazların rizosfer toprağı uygulamalarında arttığı, normal toprak uygulamalarında ise sadece N1DBD-4'ün arttığı gözlemlenmiştir.

4.2.4. Dehidrogenaz aktivitesi

Normal Toprak

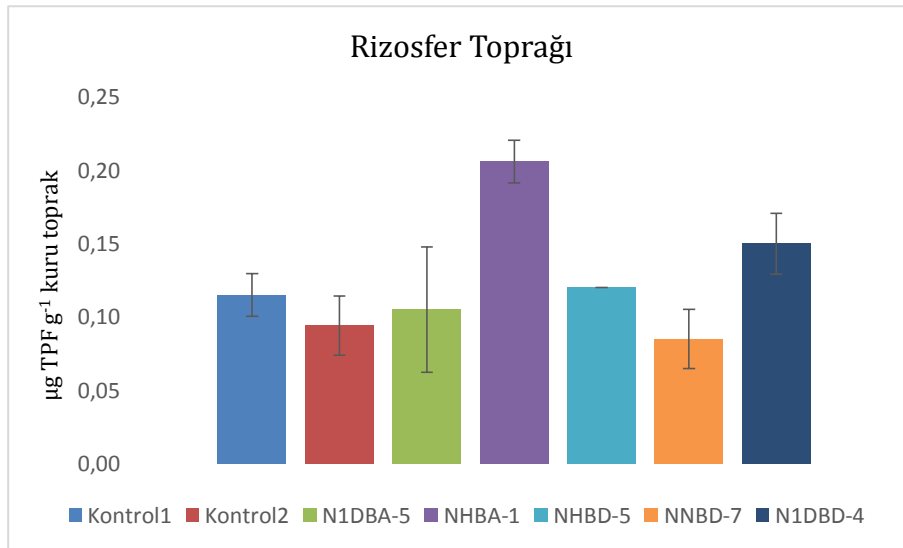
Dehidrogenaz enzim aktivitesinin normal topraktaki uygulamalarının sonuçlarına ait grafik Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekle göre dehidrogenaz enzim aktivitesi en yüksek Kontrol1, N1DBA-5, NHBD-5 ve NNBD-7 uygulamalarında bulunmuş, NHBA-1 uygulamasında ise en düşük değer tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak Çizelge 4.2'de görülebileceği üzere uygulamaların dehidrogenaz aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak önemli (%5) bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.7. Uygulamaların normal topraktaki dehidrogenaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Alınan rizosfer toprağı örneklerinde elde edilen dehidrogenaz aktivitesi değerlerine ait grafik Şekil 4.8’de verilmiştir. Şekle göre en yüksek dehidrogenaz aktivitesi NHBA-1 ($0,20 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) uygulamasında tespit edilmiştir. Çizelge 4.3’e göre dehidrogenaz aktivite değerine bakıldığında NHBA-1 uygulaması ile diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli (%0.1) bir fark bulunmuştur. Her iki toprak örneğindeki uygulamalar incelendiğinde; normal toprakta NHBA-1 uygulamasına ait dehidrogenaz aktivite değerinin rizosfer toprağındakine oranla çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. NNBD-7 uygulamasının enzim aktivitesi normal toprakta yüksek iken rizosfer toprağında düşük çıkmıştır.



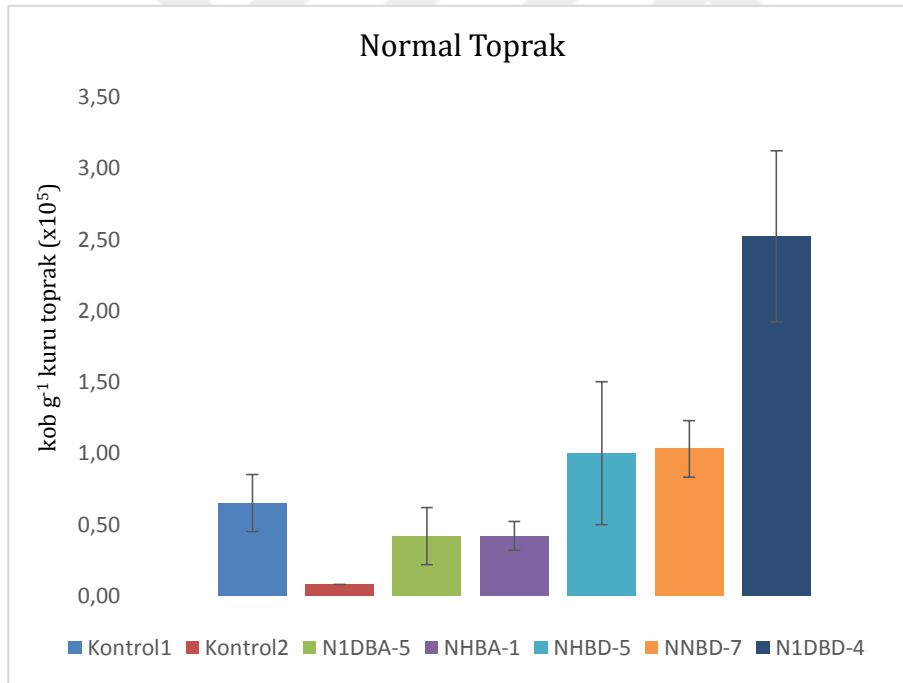
Şekil 4.8. Uygulamaların rizosfer toprağındaki dehidrogenaz enzim aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak) üzerine etkileri

Rodriguez-Morgado ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, atık çamurundan fermentasyon sonucu bir biyostimülant elde etmişlerdir. Elde edilen bu biyostimülant, toprağa uygulandığında dehidrogenaz aktivitesini önemli ölçüde artırmıştır. Buna karşın, Holik ve ark. (2019) tarafından NPK, çiftlik gübresi ve kombine uygulamalar yapılan çalışmada dehidrogenaz enzim aktivitesinin etkilenmediği tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen dehidrogenaz aktivitesi verileri Rodriguez-Morgado ve ark. (2017) tarafından rapor edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

4.3. Mezofilik Bakteri Sayımı

Normal Toprak

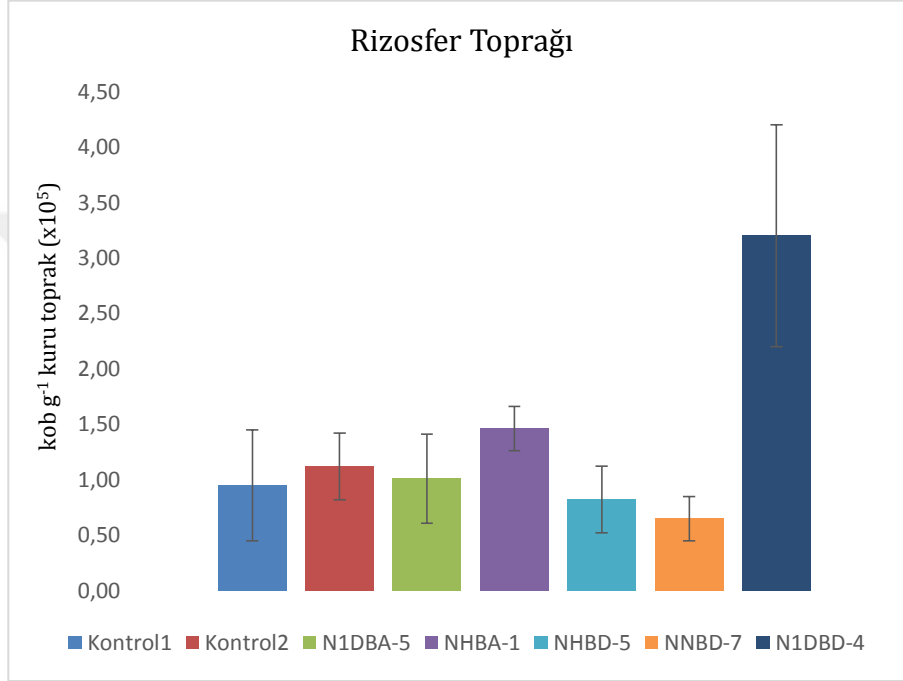
Normal toprak uygulamalarında heterotrofik mezofilik aerobik bakteri sayımları yapılmıştır. Mezofilik bakteri sayısı değerlerine ait grafik Şekil 4.9'da verilmiştir. Buna göre; beklenildiği gibi en düşük bakteri sayısı Kontrol2 (0.08×10^5 kob g^{-1} kuru toprak) uygulamasında, en yüksek bakteri sayısı ise N1DBD-4 (2.54×10^5 kob g^{-1} kuru toprak) uygulamasında tespit edilmiştir. Çizelge 4.2'ye göre bu iki uygulamanın mezofilik bakteri sayıları arasında istatistiksel olarak önemli (%0.1) bir fark bulunmuşken, diğer uygulama grupları arasında ise benzer değerlere rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.9. Uygulamaların normal topraktaki mezofilik bakteri sayımı (kob g^{-1} kuru toprak ($\times 10^5$)) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Rizosfer toprağında heterotrofik mezofilik aerobik bakteri sayımları yapılmıştır ve bu sayımlara ait grafik Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde; bakteri sayısının en düşük olduğu uygulamanın NNBD-7 (0.65×10^5 g⁻¹ kuru toprak), en yüksek olduğu uygulamanın ise N1DBD-4 (3.20×10^5 g⁻¹ kuru toprak) olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.3'e göre bu iki uygulamanın mezofilik bakteri sayıları arasında önemli (%5) bir fark bulunmuş, diğer uygulamalar arasında ise önemli bir farklılık oluşmamıştır.



Şekil 4.10. Uygulamaların rizosfer toprağındaki mezofilik bakteri sayımı (kob g⁻¹ kuru toprak (x10⁵)) üzerine etkileri

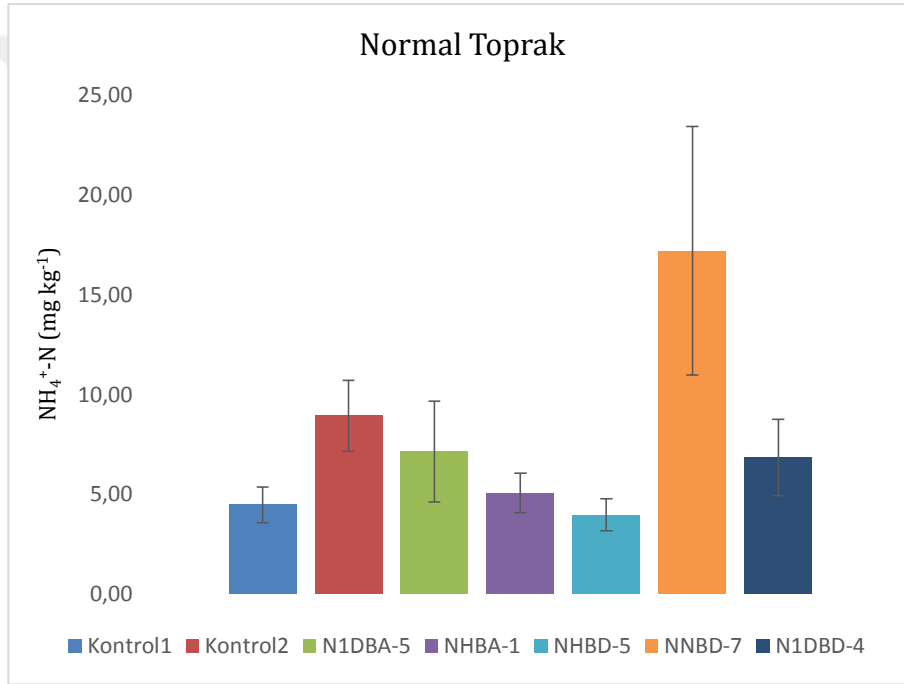
Üçüncü (2018) tarafından fındık ocaklarında yapılan çalışmada bakteri aşılamalarının bakteri popülasyonları üzerine etkileri %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise normal topraktaki uygulamaların mezofilik bakteri sayıları üzerine etkisi istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde ve rizosfer toprağındaki mezofilik bakteri sayıları üzerine etkisi ise istatistiki açıdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında N1DBD-4 uygulaması en yüksek bakteri sayısını vermiştir. Bunun dışında, normal toprakta Kontrol2 uygulamasının en düşük bakteri sayısına sahip olduğu, rizosfer toprağında ise bu sayının arttığı gözlenmiştir. NNBD-7 uygulamasına ait bakteri sayısının ise normal toprağına kıyasla rizosfer toprağında bir miktar düştüğü görülmüştür. Bazı değerlerin normal toprakta yüksek olup rizosfer toprağında düşük olması rizosfer bölgesindeki mikroorganizmalar arasında oluşan rekabete bağlanabilir.

4.4. Toprakta Değişebilir Amonyum, Nitrat ve Nitrit Değerleri

4.4.1. Değişebilir Amonyum (NH_4^+)

Normal Toprak

Uygulamaların normal topraktaki değişebilir amonyum değerlerine ait grafik Şekil 4.11’de verilmiştir. Buna göre değişebilir amonyum değerleri sayısal olarak bütün uygulamalarda birbirine benzer değerlere sahip olmakla beraber, yalnız NNBD-7 (17.19 mg kg^{-1}) uygulamasında diğerlerinden yüksek bir değer gözlemlenmiştir. Tüm bunlar göz önüne alındığında Çizelge 4.4’de görülebileceği gibi bu uygulama ile diğer uygulamaların değişebilir amonyum değerleri arasında istatistiksel olarak önemli (%5) bir fark görülmüştür.



Şekil 4.11. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir amonyum (mg kg^{-1}) üzerine etkileri

Çizelge 4.4. Uygulamaların normal toprakta değişebilir amonyum, nitrat ve nitrit değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Amonyum (mg kg ⁻¹)	Nitrat (mg kg ⁻¹)	Nitrit (mg kg ⁻¹)
Kontrol1	4.462b ¹	93.417	6.286
Kontrol2	8.927b	130.692	6.286
N1DBA-5	7.142b	89.665	6.285
NHBA-1	5.057b	107.207	5.556
NHBD-5	3.965b	115.575	6.426
NNBD-7	17.193a	132.577	4.996
N1DBD-4	4.957b	134.017	3.246
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	3.474* ²	Ö.D. ³	Ö.D.

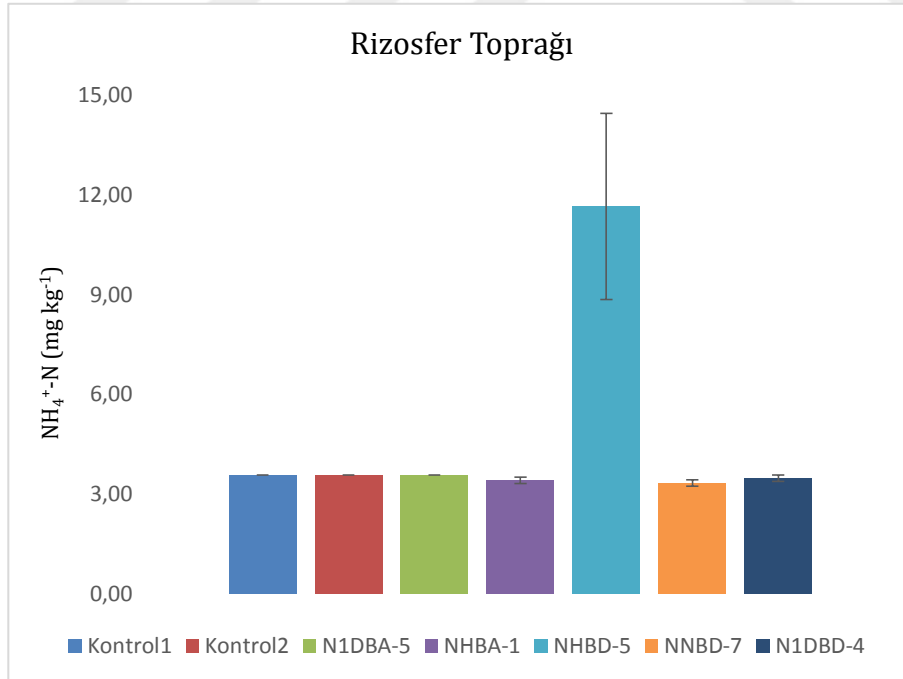
1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

2 *, %5 düzeyinde önemlidir

3 Ö.D.; Önemli değil

Rizosfer Toprağı

Rizosfer toprağındaki uygulamaların değişebilir amonyum değerlerine ait Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Buna göre NHBD-5 (11.64 mg kg⁻¹) uygulamasının değişebilir amonyum içeriğı diğer uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur. Bu verilerin doğrultusunda Çizelge 4.5’te görüldüğü gibi uygulamaların değişebilir amonyum değerleri arasında istatistiksel olarak %0.01 düzeyinde önemli bir fark gözlemlenmiştir.



Şekil 4.12. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir amonyum (mg kg⁻¹) üzerine etkileri

Çizelge 4.5. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir amonyum, nitrat ve nitrit değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Amonyum (mg kg ⁻¹)	Nitrat (mg kg ⁻¹)	Nitrit (mg kg ⁻¹)
Kontrol1	3.570b ¹	193.453a	1.962c
Kontrol2	3.570b	71.133c	3.772b
N1DBA-5	3.570b	140.290abc	6.290a
NHBA-1	3.410b	160.355ab	3.755b
NHBD-5	11.640a	175.263ab	4.190b
NNBD-7	3.330b	149.925ab	4.015b
N1DBD-4	3.470b	110.766bc	3.360bc
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	13.849*** ⁴	2.801* ²	4.439** ³

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

2 *, %5 düzeyinde önemlidir

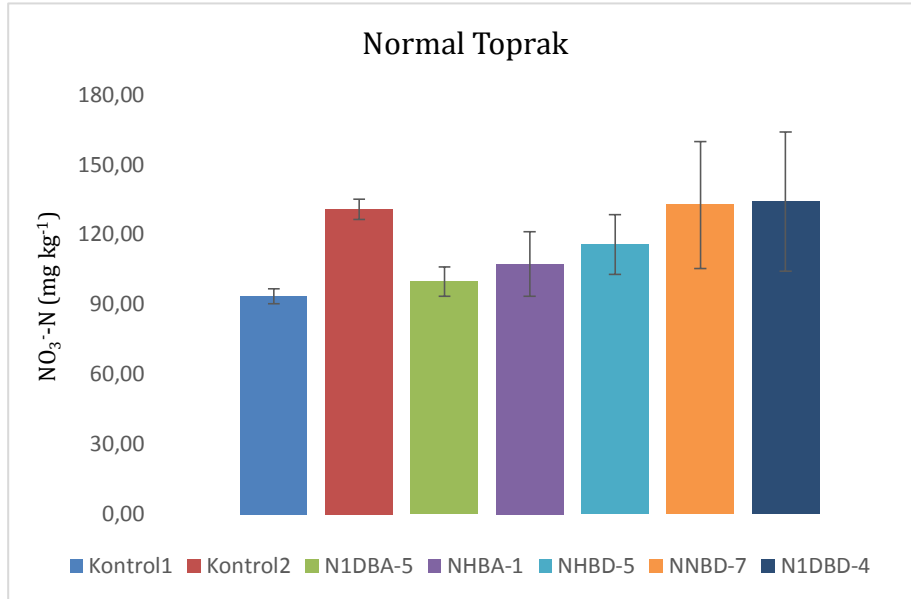
3 **, %1 düzeyinde önemlidir

4 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir

4.4.2. Değişebilir Nitrat (NO₃)

Normal Toprak

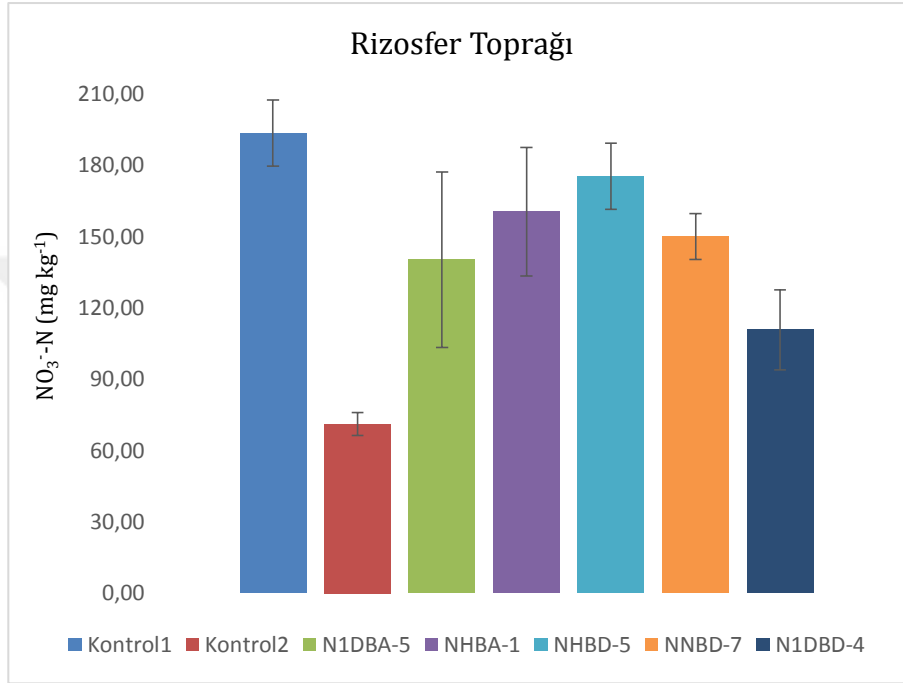
Deneme saksılarından alınan normal toprak örneklerinde değişebilir nitrat değerlerine ait grafik Şekil 4.13'te verilmiştir. Buna göre uygulamalar arasında değişebilir nitrat miktarları önemli bir fark göstermemiştir. Çizelge 4.4'te görüleceği üzere uygulamaların değişebilir nitrat değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.13. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir nitrat (mg kg⁻¹) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Rizosfer toprağı örneklerinde uygulamaların değişebilir nitrat değerlerine ait grafik Şekil 4.14'te verilmiştir. Şekle göre, en düşük nitrat içeriğı Kontrol2 (71.13 mg kg⁻¹) uygulamasında tespit edilmiştir. Çizelge 4.5'de görüleceğı üzere uygulamalar arasında değişebilir nitrat değerleri açısından istatistiki olarak önemli (%5) bir fark bulunmuştur.

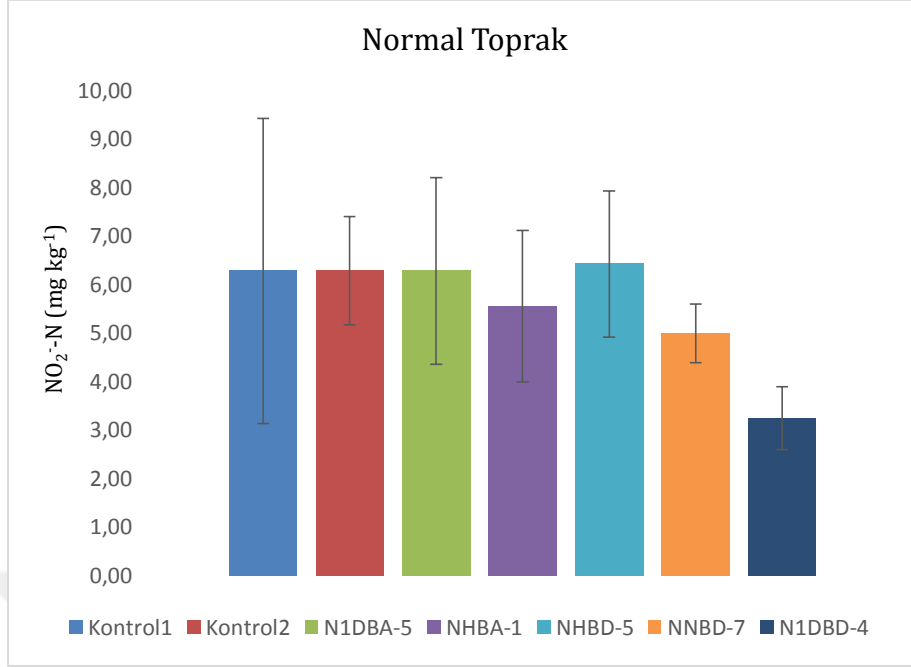


Şekil 4.14. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir nitrat (mg kg⁻¹) üzerine etkileri

4.4.3. Değişebilir Nitrit (NO₂)

Normal Toprak

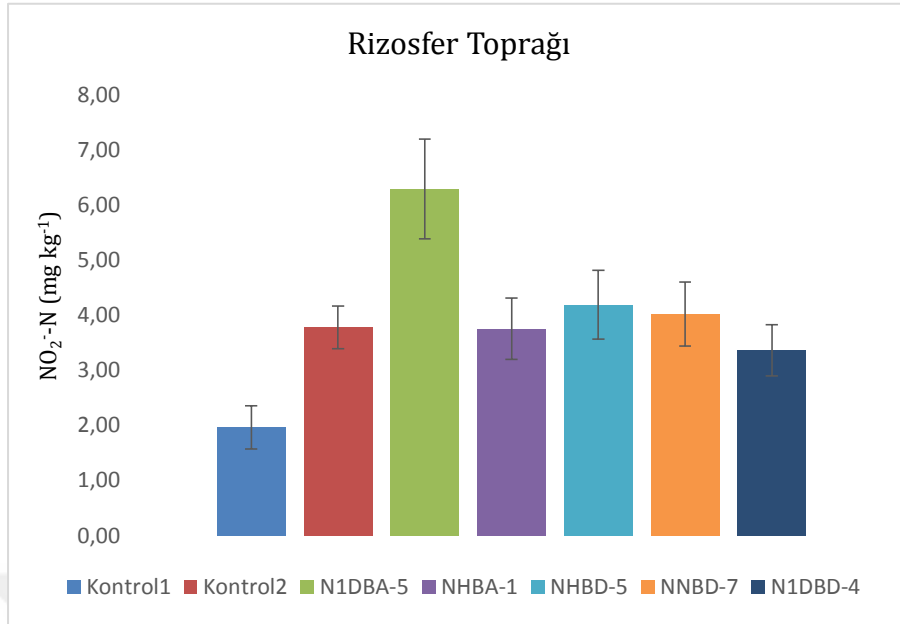
Saksılardan alınan normal toprak örneklerinde değişebilir nitrit değerlerine ait grafik Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, değişebilir nitrit değerinin en düşük olduğu uygulamanın N1DBD-4, en yüksek olduğu uygulamanın ise N1DBA-5 olduğu gözlemlenmiştir. Buna rağmen Çizelge 4.4'te görüldüğü üzere uygulamaların değişebilir nitrit değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.15. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir nitrit (mg kg⁻¹) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Deneme saksılarından alınan rizosfer toprağındaki uygulamaların değişebilir nitrit değerlerine ait grafik Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Şekle göre, en düşük değer Kontrol1 (1.96 mg kg⁻¹) uygulamasında tespit edilmiş, diğer uygulamaların değişebilir nitrit değerleri ise birbirine oldukça benzer bulunmuştur. Çizelge 4.5'e göre uygulamaların değişebilir nitrit değerleri arasında istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.16. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir nitrit (mg kg⁻¹) üzerine etkileri

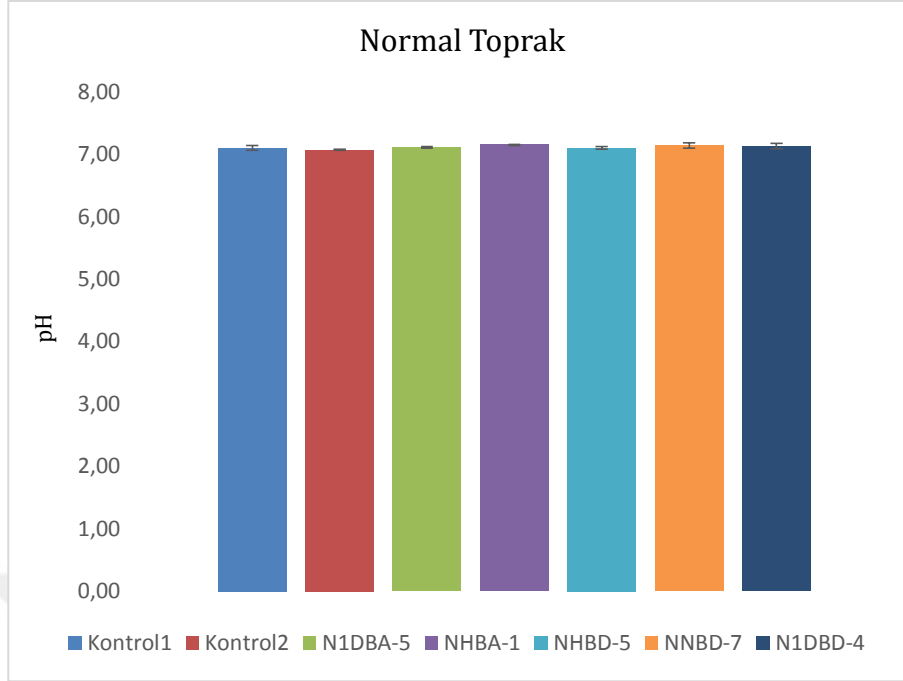
Shu ve ark. (2012)'nin yaptıkları çalışmada CM (Konveksiyonel yöntem) topraklarında TDN (Toplam çözünmüş azot), DON (Çözünmüş organik azot) ve NH₄-N konsantrasyonu ve nem içeriği OM (Organik yöntem) topraklarından önemli ölçüde daha düşük, NO₃-N konsantrasyonu ise CM dökme topraklarında OM dökme toprağına göre önemli ölçüde yüksek bulunurken rizosfer toprağında bunun tam tersi olduğu tespit edilmiştir. Sun ve ark. (2020), yaptıkları çalışma sonucunda biyo-gübre uygulamasıyla, konveksiyonel gübreleme+%100 üre uygulamasına kıyasla, NH₄⁺-N içeriğinin 1.3-1.9 kat arttığı, NO₃-N içeriğinin en yüksek konveksiyonel gübreleme+%100 üre uygulamasında olduğunu, NO₂-N içeriğinin ise %75 biyo-gübre ve %100 biyo-gübre uygulamalarında diğer uygulamalara kıyasla 1.2-1.5 kat daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmanın verileri bu iki literatürü doğrular niteliktedir.

4.5. pH ve EC Değerleri

4.5.1. pH Değerleri

Normal Toprak

Normal topraktaki uygulamaların pH değerlerine ait grafik Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, normal topraktaki uygulamaların pH değerlerinin birbirine benzer ve nötre yakın olduğu gözlenmiş olup değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.6).



Şekil 4.17. Uygulamaların normal topraktaki pH değerleri üzerine etkileri

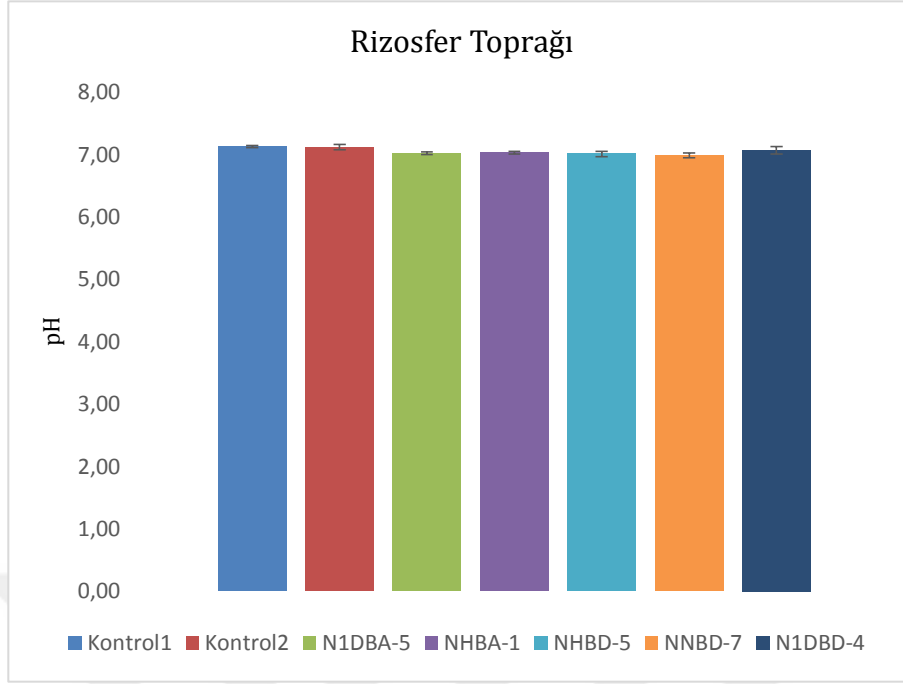
Çizelge 4.6. Uygulamaların normal toprakta pH ve EC değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Kontrol1	7.098	1274.60
Kontrol2	7.072	1507.40
N1DBA-5	7.112	1362.80
NHBA-1	7.150	1453.80
NHBD-5	7.100	1236.20
NNBD-7	7.138	1228.40
N1DBD-4	7.128	1137.00
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)		
	Ö.D. ¹	Ö.D.

¹ Ö.D.; Önemli değil

Rizosfer Toprağı

Saksılardan alınan rizosfer toprağındaki uygulamaların pH değerlerine ait grafik Şekil 4.18’de verilmiştir. Şekle göre, uygulamalar arasında fark olmadığı ve tüm toprakların nötr düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi uygulamaların pH değerleri arasında istatistiki açıdan önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.18. Uygulamaların rizosfer toprağındaki pH değerleri üzerine etkileri

Çizelge 4.7. Uygulamaların rizosfer toprağında pH ve EC değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Kontrol1	7.130	1753.80
Kontrol2	7.120	1638.80
N1DBA-5	7.016	1354.20
NHBA-1	7.034	1470.60
NHBD-5	7.014	1492.80
NNBD-7	6.990	1367.80
N1DBD-4	7.066	1350.20
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)		
	Ö.D. ¹	Ö.D.

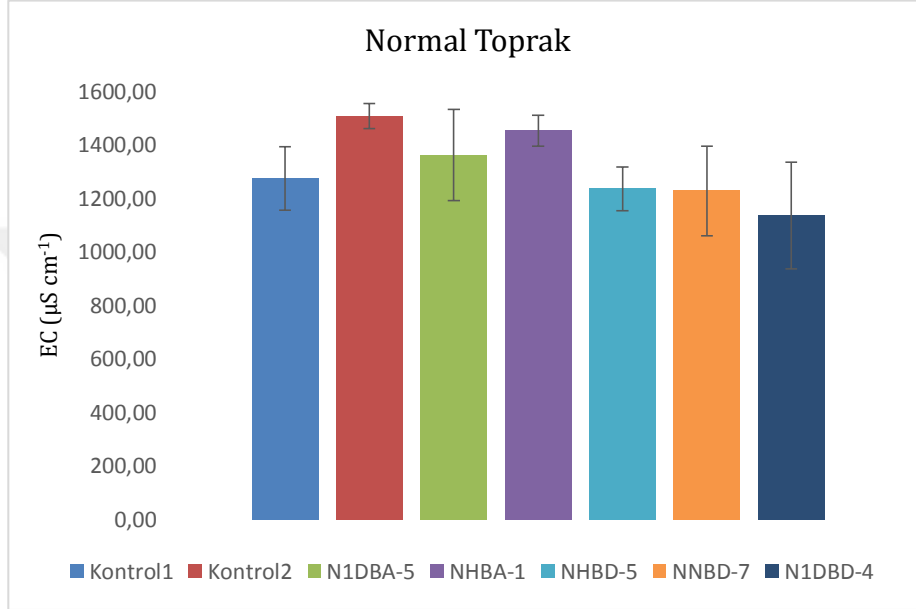
¹ Ö.D.; Önemli değil

Saikia ve ark. (2017)'nin yaptıkları çalışmada, *Rhizobium* + *Azotobacter* + *Azospirillum* + PSB (Fosfat çözücü bakteri) uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla en düşük pH değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, yaptığımız çalışmadaki pH değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir.

4.5.2. EC Değerleri

Normal Toprak

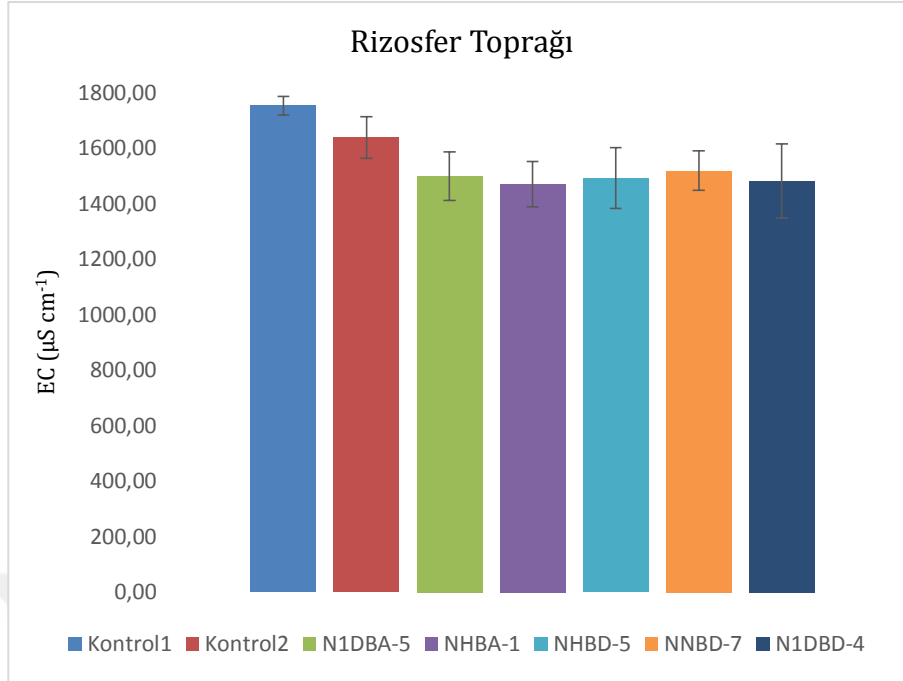
Alınan normal toprak örneklerindeki uygulamaların EC değerlerine ait grafik Şekil 4.19’da verilmiştir. Şekle göre, tüm uygulamaların topraklarının EC değerlerinin birbirine yakın ve tuzsuz toprak sınıfında olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.6’ya göre uygulamaların EC değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.19. Uygulamaların normal topraktaki EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) değerleri üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Alınan rizosfer toprağındaki uygulamaların EC değerlerine ait grafik Şekil 4.20’de gösterilmektedir. Şekle göre, tüm uygulamaların rizosfer topraklarının EC değerlerinin birbirine yakın ve tuzsuz toprak sınıfında olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.7’ye göre uygulamaların EC değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Her iki toprak örneğine ait sonuçlar karşılaştırıldığında; genel anlamda rizosfer toprağının EC değerlerinin normal toprağından yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunu yanı sıra, Kontrol1 uygulamasının normal topraktaki EC değeri $1274.60 \mu\text{S cm}^{-1}$ iken rizosfer toprağında bu değer $1753.80 \mu\text{S cm}^{-1}$ olmuştur. Diğer uygulamalar da yaklaşık olarak aynı oranlarda rizosfer toprağında artış göstermiştir. Bu duruma uymayan tek uygulama ise N1DBA-5 uygulamasıdır. Bu uygulamanın normal topraktaki EC değeri $1362.80 \mu\text{S cm}^{-1}$ iken rizosfer toprağında bu değer $1354.20 \mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.20. Uygulamaların rizosfer toprağındaki EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) değerleri üzerine etkileri

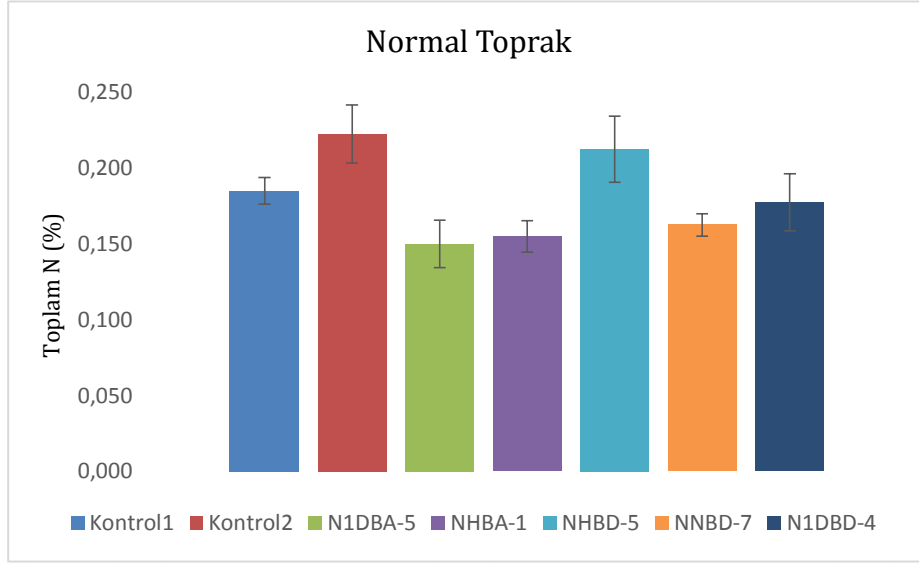
Ogbaji ve ark. 2018 yılında 4 farklı bölgede biyo-gübre ve inorganik gübre uygulaması yapmışlardır. Uygulama yapılan bu bölgelerde EC değerlerinde önemli bir değişiklik bulunmamıştır. Aynı şekilde, yaptığımız çalışmada da EC değerlerinde uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli bir fark belirlenmemiştir.

4.6. Toprakların Makro-Mikro Besin Elementi Kapsamları

4.6.1. Toplam Azot (N), Alınabilir Fosfor (P) ve Değişebilir Potasyum (K)

Normal Toprak

Deneme saksılarından alınan normal topraklar kurutulmuştur ve kurutulan topraklar toplam N analizine tabii tutulmuştur. Uygulamaların normal topraktaki toplam azot kapsamalarına ait grafik Şekil 4.21’de verilmiştir. Şekle göre, normal topraktaki toplam azot en düşük N1DBA-5 ve NHBA-1 uygulamalarında, en yüksek ise Kontrol2 ve NHBD-5 (%0.20) uygulamalarında olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.8’e göre uygulamaların toplam azot kapsamaları arasında önemli (%5) bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.21. Uygulamaların normal topraktaki toplam N (%) üzerine etkileri

Çizelge 4.8. Uygulamaların normal toprakta toplam N, alınabilir P ve değişebilir K üzerine etkileri

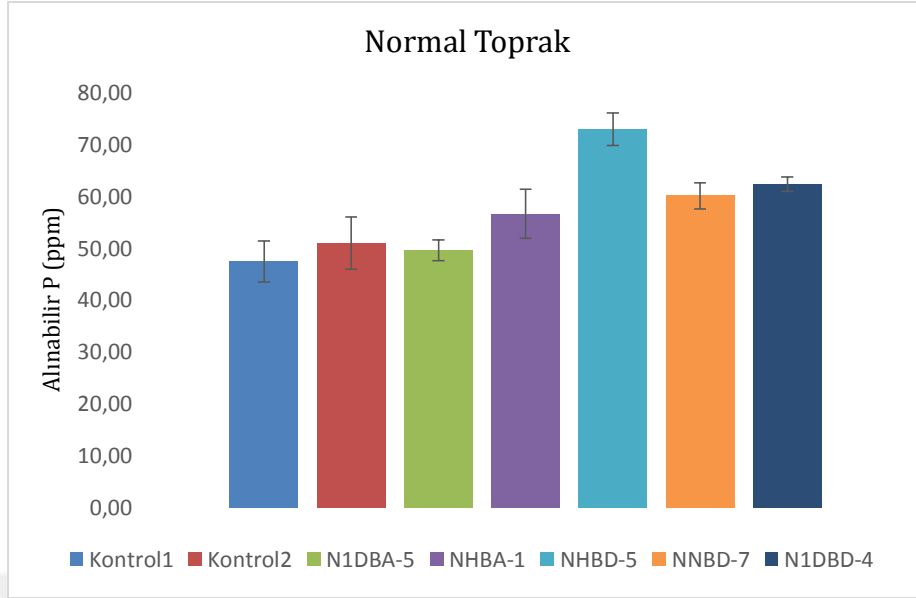
Uygulamalar	Toplam Azot (%)	Alınabilir Fosfor (ppm)	Değişebilir Potasyum (ppm)
Kontrol1	0.183ab ¹	47.485d	115.400a
Kontrol2	0.222a	51.015cd	85.620c
N1DBA-5	0.149b	49.662cd	119.640a
NHBA-1	0.156b	56.682bcd	111.460ab
NHBD-5	0.212a	72.975a	110.800ab
NNBD-7	0.160b	60.100bc	107.525ab
N1DBD-4	0.178ab	62.385b	95.120bc
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	3.262* ²	6.491** ³	5.230**

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

2 *, %5 düzeyinde önemlidir

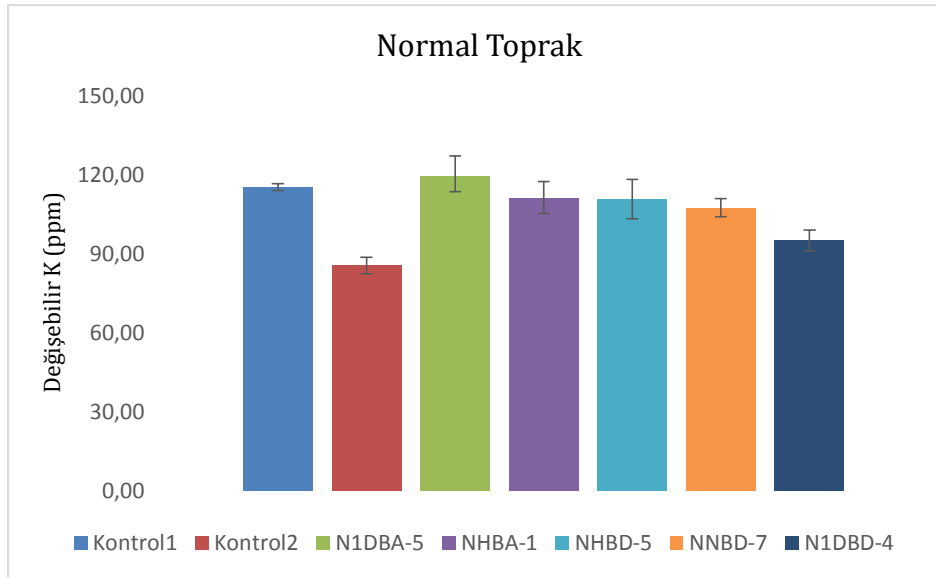
3 **, %1 düzeyinde önemlidir

Uygulamaların normal topraktaki alınabilir fosfor değerlerine ait grafik Şekil 4.22’de verilmiştir. Şekle göre, en yüksek alınabilir P değeri NHBD-5 uygulamasında tespit edilmiştir. Uygulamaların alınabilir P değerleri arasında %1 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur (Çizelge 4.8).



Şekil 4.22. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir P (ppm) üzerine etkileri

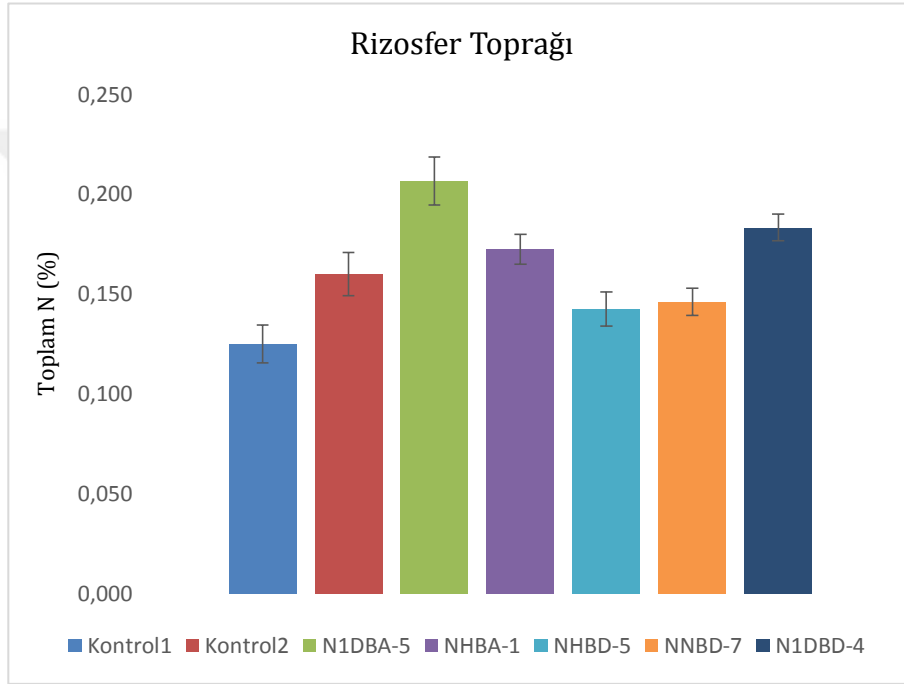
Deneme saksılarından alınan normal toprak örneklerinde uygulamaların değişebilir potasyum değerlerine ait grafik Şekil 4.23'te verilmiştir. Şekle göre, normal topraktaki değişebilir potasyum değeri en düşük Kontrol2 (85.62 ppm) uygulamasında, en yüksek N1DBA-5 (119.64 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Bu iki uygulamanın değişebilir potasyum değerleri arasında istatistiksel olarak önemli (%1) bir fark bulunmuş, diğer uygulamaların ise birbirlerine yakınlık gösterdiği bulunmuştur (Çizelge 4.8).



Şekil 4.23. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir K (ppm) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Saksılardan alınan rizosfer toprağındaki toplam azot kapsamlarına ait grafik Şekil 4.24’de gösterilmiştir. Şekle göre, uygulamaların rizosfer toprağındaki toplam N kapsamının en düşük Kontrol1 uygulamasında, en yüksek ise N1DBA-5 (%0.20) uygulamasında olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.9’a göre, rizosfer toprağındaki toplam azot kapsamının uygulamalar arasında önemli (%0.1) bir fark gösterdiği bulunmuştur. Normal toprak ve rizosfer toprağına ait değerler incelendiğinde; toplam N kapsamının N1DBA-5 uygulamasına ait normal toprakta %0.14 iken rizosfer toprağında %0.20’ye yükseldiği gözlenmiştir.



Şekil 4.24. Uygulamaların rizosfer toprağındaki toplam N (%) üzerine etkileri

Çizelge 4.9. Uygulamaların rizosfer toprağında toplam N, alınabilir P ve değişebilir K üzerine etkileri

Uygulamalar	Toplam Azot (%)	Alınabilir Fosfor (ppm)	Değişebilir Potasyum (ppm)
Kontrol1	0.124e ¹	56.420abc	161.760
Kontrol2	0.162bcd	64.002a	194.525
N1DBA-5	0.206a	66.592a	119.600
NHBA-1	0.172bc	61.112ab	105.025
NHBD-5	0.142de	63.210ab	97.900
NNBD-7	0.144cde	45.722c	104.675
N1DBD-4	0.181ab	52.192bc	149.200
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	8.743*** ³	4.469** ²	Ö.D. ⁴

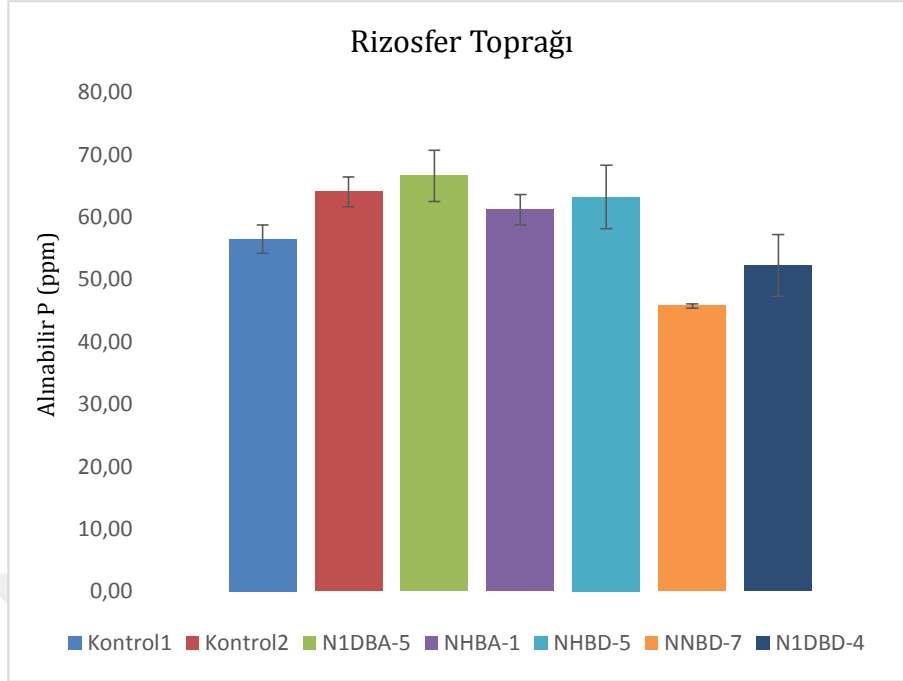
1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

2 **, %1 düzeyinde önemlidir

3 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir

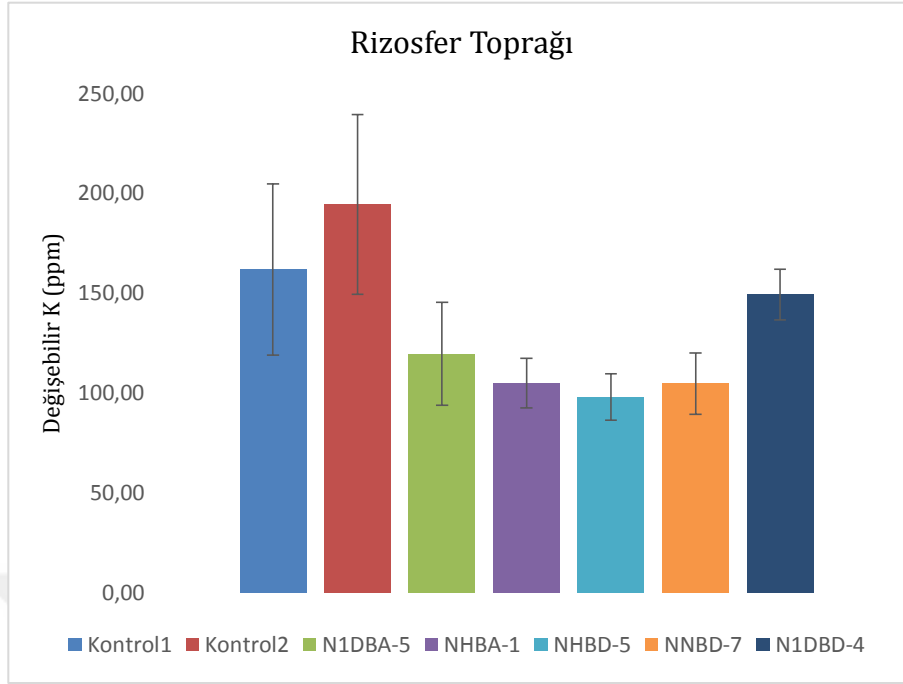
4 Ö.D.; Önemli değildir

Alınan rizosfer toprağı örneklerinde uygulamaların alınabilir fosfor değerlerine ait grafik Şekil 4.25'te gösterilmiştir. NNBD-7 (45.72 ppm) uygulaması dışındaki diğer uygulamalara bakıldığında alınabilir P değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.9'a göre, alınabilir P değerinde bu uygulama ile diğer uygulamalar arasında istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur. Her normal toprak ve rizosfer toprağı karşılaştırıldığında; normal toprakta alınabilir P değerinin en düşük düzeyde olduğu Kontrol1 uygulamasına ait rizosfer toprağında bir artış olmuştur. Normal toprakta alınabilir fosfor değeri Kontrol1 uygulamasında 47.48 ppm iken rizosfer toprağında 56.42 ppm olarak bulunmuştur. Benzer şekilde, Kontrol2, N1DBA-5 ve NHBA-1 uygulamalarında alınabilir fosfor normal toprakta düşük rizosfer toprağında ise yüksek bulunmuştur. Bunun tersine, diğer uygulamalara ait değerler ise rizosfer toprağında düşük, normal toprakta yüksek olmuştur.



Şekil 4.25. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir P (ppm) üzerine etkileri

Rizosfer toprağındaki uygulamaların değişebilir potasyum değerlerine ait grafik Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Şekle göre, rizosfer toprağının değişebilir K değerinin en yüksek Kontrol2 (156.60 ppm) uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.9'a göre uygulamaların değişebilir K değerleri arasında %5 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur. Toprak örneklerinin değerlerine bakıldığında, normal topraktaki değişebilir potasyum değerlerinin rizosfer toprağından daha düşük olduğu gözlenmiştir. Normal toprakta değişebilir potasyum değeri en düşük olan Kontrol2 uygulaması 85.62 ppm değerini vermiş iken rizosfer toprağında bu değer 156.60 ppm bulunmuş ve diğer uygulamalara göre bu uygulama en yüksek artışı göstermiştir.



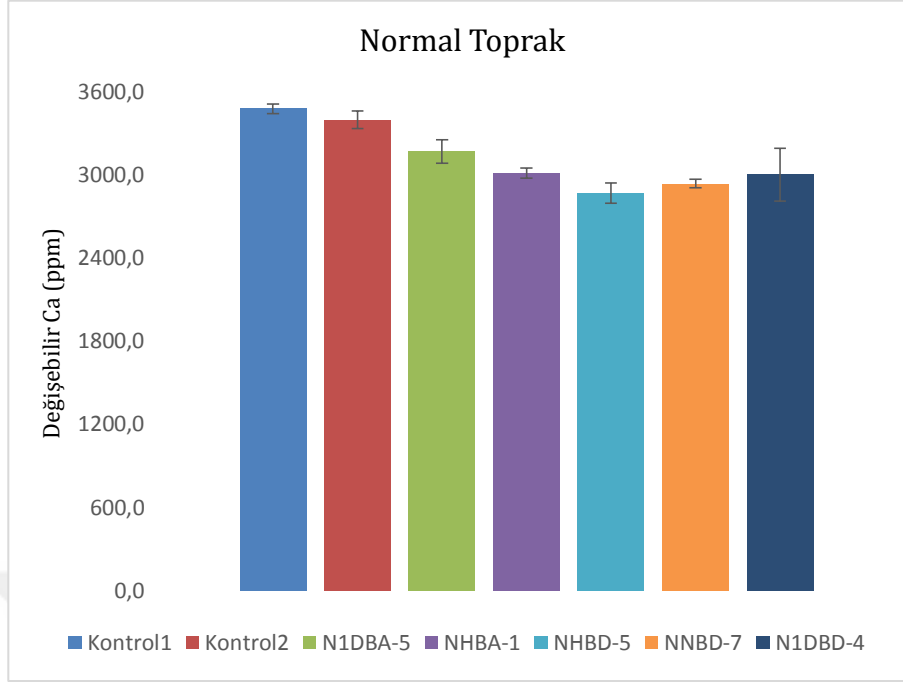
Şekil 4.26. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir K (ppm) üzerine etkileri

Li ve ark. (2018), kimyasal gübre, organik gübre ve biyo-gübreler ile yaptıkları çalışmada, toprağın toplam azot kapsamının; kimyasal gübrelerle kıyaslandığında organik gübre ve biyo-gübre uygulamaları ile %56.5-%105.0 arasında arttığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, seçilen bakteri izolatlarına ait uygulamalarında toprağın toplam azot kapsamının uygulanan izolata bağlı olarak artış gösterdiği gözlenmiştir. Li ark. (2018)'nin yaptıkları çalışmada, kimyasal gübrelerle kıyasla organik gübre ve biyo-gübre uygulamalarının toprağın alınabilir fosfor kapsamını %72.5-%104.7 oranında artırdığını tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da, uygulanan bakteri izolatına bağlı olarak, toprağın alınabilir fosfor kapsamında artış tespit edilmiştir.

4.6.2. Değişebilir Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na)

Normal Toprak

Uygulamaların normal toprak örneklerindeki değişebilir kalsiyum değerlerine ait grafik Şekil 4.27'de gösterilmektedir. Şekle göre, normal toprağın değişebilir kalsiyum değerinin en düşük NHBD-5 (2867.00 ppm) uygulamasında, en yüksek ise Kontrol1 (3476.00 ppm) uygulamasında olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.10'da uygulamaların değişebilir kalsiyum değerleri arasında istatistiki olarak önemli (%0.1) bir fark olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.27. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir Ca (ppm) üzerine etkileri

Çizelge 4.10. Uygulamaların normal toprakta değişebilir Ca, Mg ve Na değerleri üzerine etkileri

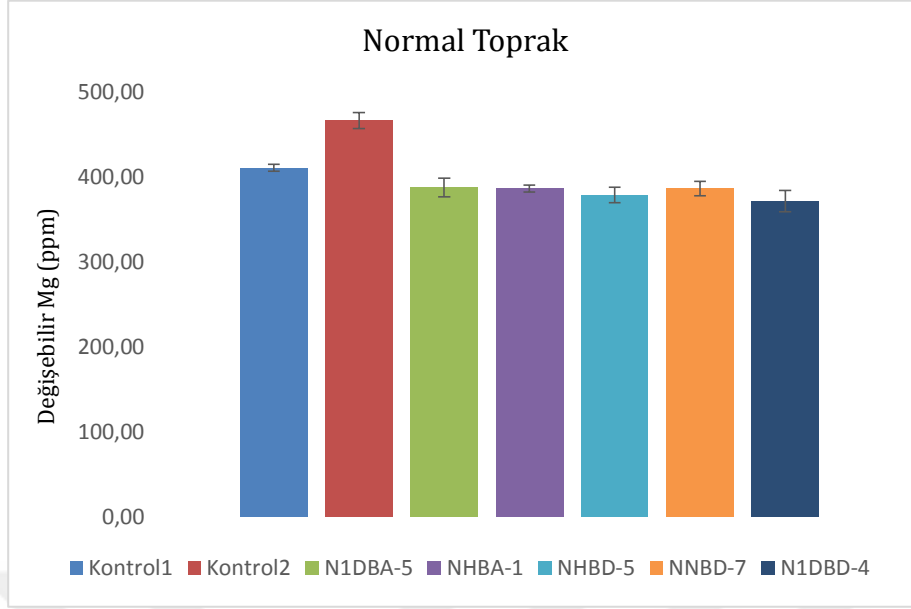
Uygulamalar	Değişebilir Kalsiyum (ppm)	Değişebilir Magnezyum (ppm)	Değişebilir Sodyum (ppm)
Kontrol1	3476.00a ¹	410.000b	100.340b
Kontrol2	3395.80ab	465.960a	123.520a
N1DBA-5	3168.40bc	387.000bc	95.900b
NHBA-1	3012.40cd	385.680bc	97.580b
NHBD-5	2867.00d	378.340c	96.160b
NNBD-7	2935.80cd	385.920bc	98.980b
N1DBD-4	2998.40cd	370.860c	93.580b
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	6.812*** ³	13.187***	4.849** ²

¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

² **, %1 düzeyinde önemlidir

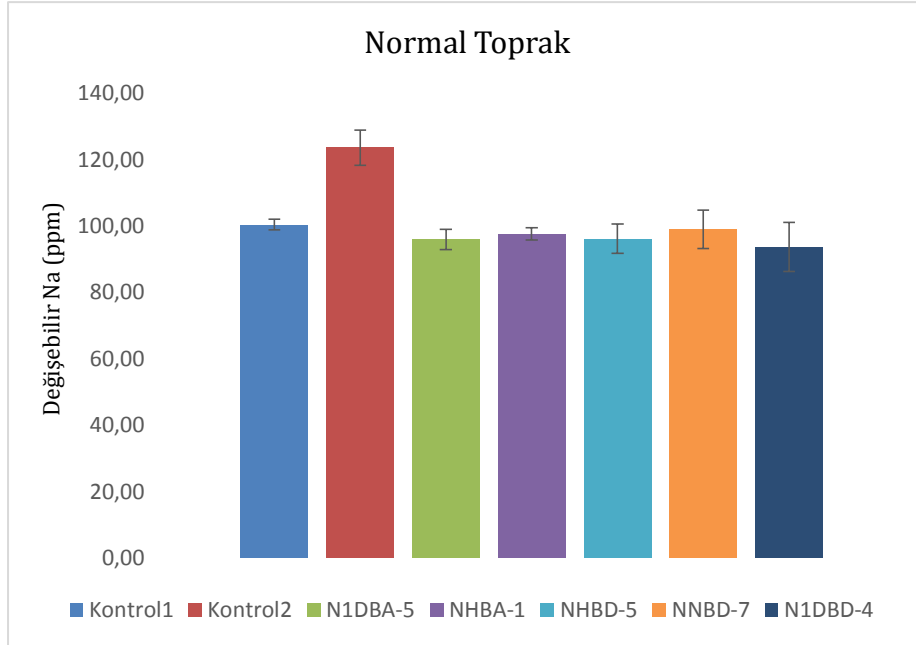
³ ***, %0.1 düzeyinde önemlidir

Alınan normal toprak örneklerinde, uygulamaların değişebilir magnezyum değerlerine ait grafik Şekil 4.28’de gösterilmiştir. Buna göre en düşük değişebilir magnezyum değeri N1DBD-4 (370.86 ppm) uygulaması, en yüksek değişebilir magnezyum değeri ise Kontrol2 (465.96 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir. Diğer uygulamaların değerleri ise birbirlerine yakın bulunmuştur. Çizelge 4.10’a göre değişebilir magnezyum açısından en yüksek ve en düşük değere sahip bu iki uygulama arasında istatistiksel olarak önemli (%0.1) bir fark gözlenmiştir.



Şekil 4.28. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir Mg (ppm) üzerine etkileri

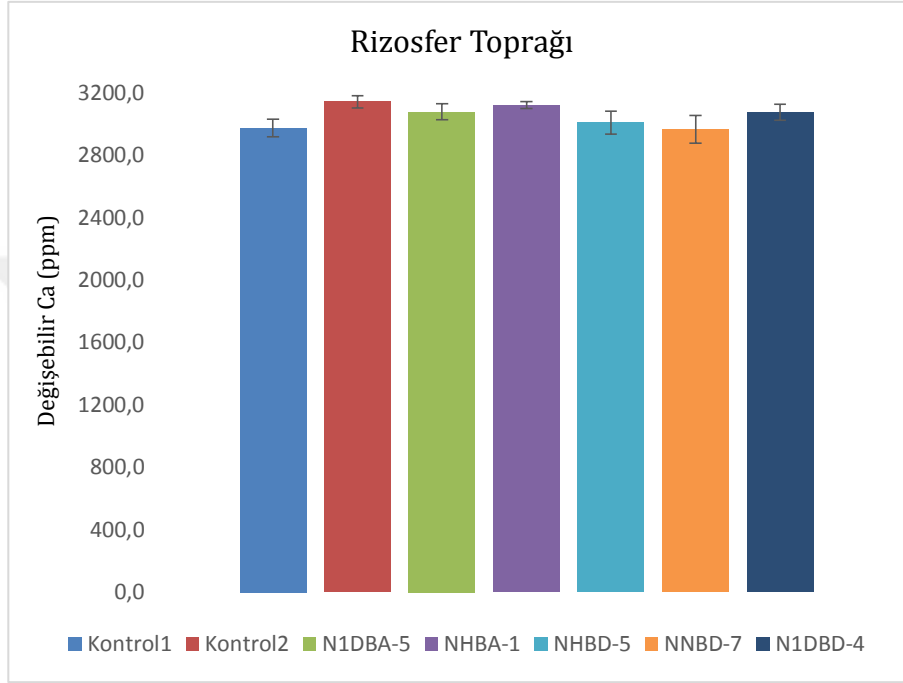
Normal topraktaki uygulamaların değişebilir sodyum değerlerine ait grafik Şekil 4.29'de gösterilmiştir. Buna göre, Kontrol2 (123.52 ppm) uygulamasının değişebilir sodyum içeriği diğer tüm uygulamalardan yüksek bulunmuştur. Bu uygulama ile diğer uygulamaların değişebilir sodyum değerleri arasında Çizelge 4.10'a göre istatistiksel olarak önemli (%1) bir fark gözlenmiştir.



Şekil 4.29. Uygulamaların normal topraktaki değişebilir Na (ppm) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir kalsiyum değerlerine ait grafik Şekil 4.30'de verilmiştir. Buna göre yapılan tüm uygulamalarda değişebilir kalsiyum değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiş ve Çizelge 4.11'e göre uygulamaların değişebilir kalsiyum değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.30. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir Ca (ppm) üzerine etkileri

Çizelge 4.11. Uygulamaların rizosfer toprağında değişebilir Ca, Mg ve Na değerleri üzerine etkileri

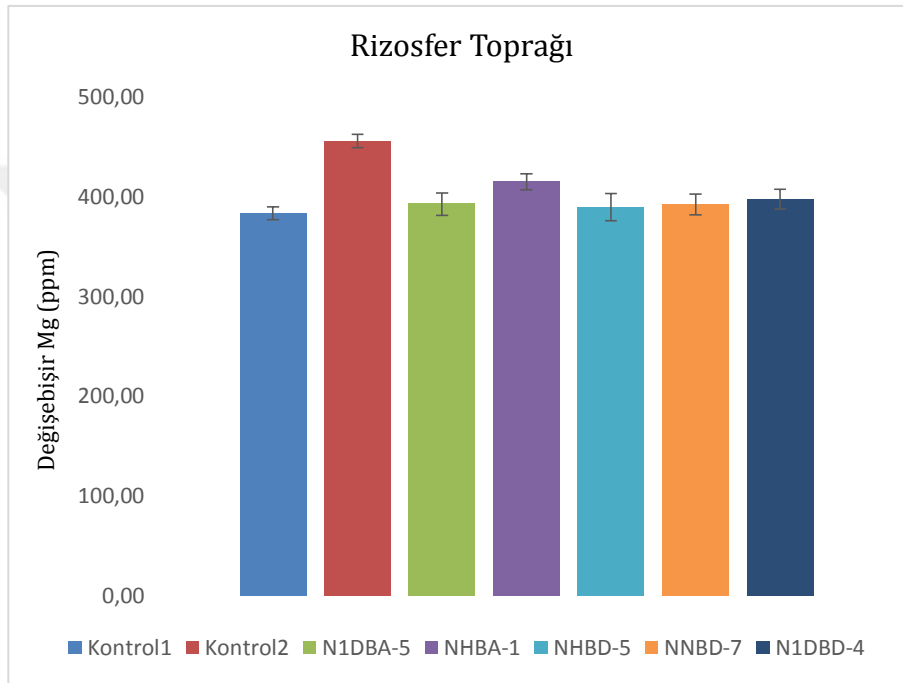
Uygulamalar	Değişebilir Kalsiyum (ppm)	Değişebilir Magnezyum (ppm)	Değişebilir Sodyum (ppm)
Kontrol1	2973.80	383.300b ¹	102.480b
Kontrol2	3141.20	455.620a	121.960a
N1DBA-5	3076.60	392.500b	99.080b
NHBA-1	3122.00	414.960b	104.660b
NHBD-5	3008.20	389.360b	97.460b
NNBD-7	2964.80	392.000b	98.240b
N1DBD-4	3074.40	397.440b	98.160b
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	Ö.D. ³	6.719*** ²	6.831***

¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

² ***; %0.1 düzeyinde önemlidir

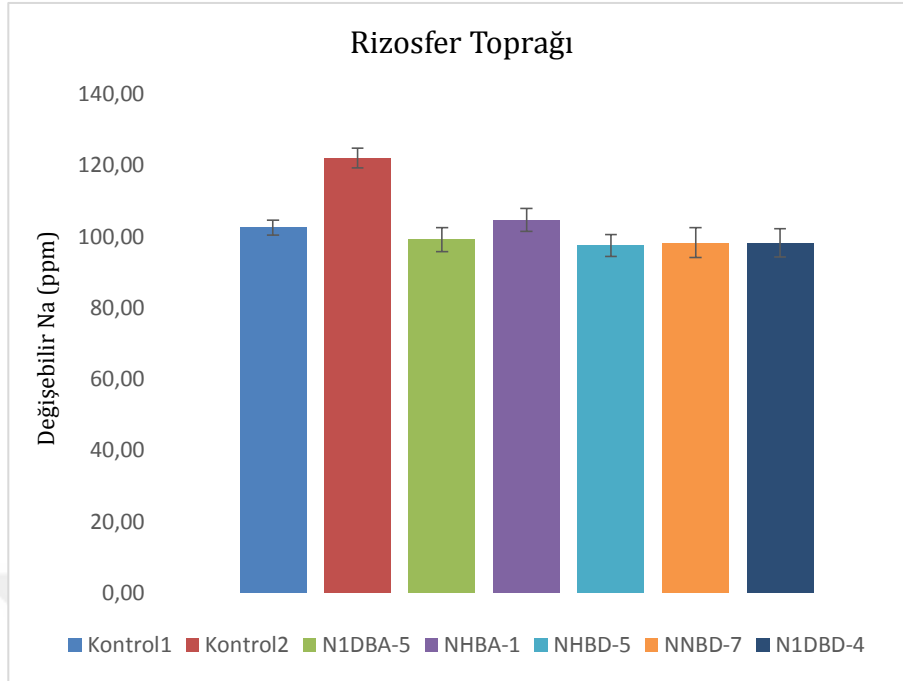
³ Ö.D.; Önemli değil

Rizosfer toprağındaki uygulamaların değişebilir magnezyum değerlerine ait grafik şekil 4.31’de verilmiştir. şekle göre, Kontrol2 (455.62 ppm) uygulamasının değişebilir magnezyum içeriği diğer tüm uygulamalardan yüksek bulunmuştur. Bu uygulama ile diğer uygulamaların değişebilir magnezyum değerleri arasında izelge 4.11’e göre istatistiksel olarak önemli (%0.1) bir fark bulunduğu görülmüştür. Normal toprakta ve rizosfer toprağında en yüksek değişebilir magnezyum değerine sahip uygulama Kontrol2’dir. Normal toprakta Kontrol2 uygulamasının değişebilir magnezyum değeri 465.96 ppm, rizosfer toprağında ise 455.62 ppm olarak tespit edilmiştir.



şekil 4.31. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir Mg (ppm) zerine etkileri

Rizosfer toprağındaki uygulamaların değişebilir sodyum değerlerine ait grafik şekil 4.32’de gösterilmiştir. şekle göre, Kontrol2 (121.96 ppm) uygulamasının diğer uygulamalara göre daha yüksek değişebilir sodyum değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.11’e göre, değişebilir sodyum değeri açısından Kontrol2 uygulaması ile diğer uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli (%0.1) bir fark bulunmuştur. İki toprak örneğinde de en yüksek değişebilir sodyum değerinin Kontrol2 uygulamasında olduğu gözlenmiştir. Kontrol2 uygulamasının normal topraktaki değişebilir sodyum değeri 123.52 ppm iken rizosfer toprağında 121.96 ppm olarak bulunmuştur.



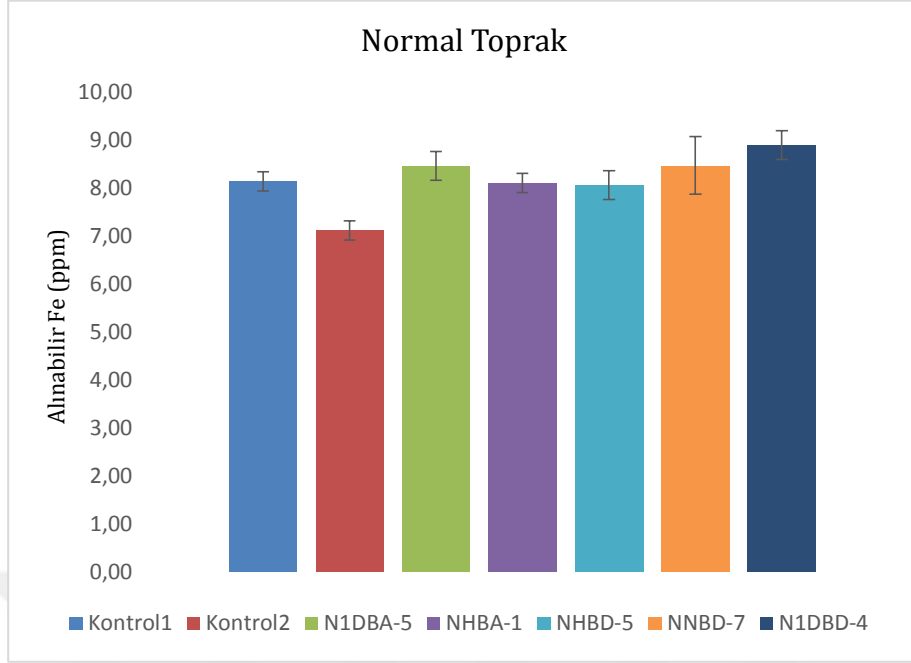
Şekil 4.32. Uygulamaların rizosfer toprağındaki değişebilir Na (ppm) üzerine etkileri

Obgaji ve ark. (2018)'nın yaptıkları çalışmada biyo-gübre ve inorganik gübre uygulamalarında makro element (Ca, Mg, Na) değerleri arasında önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu tespitin tersine, yaptığımız çalışmada ise kalsiyum normal toprakta %0.1 düzeyinde, magnezyum normal toprakta ve rizosfer toprağında %0.1 düzeyinde, sodyum ise normal toprakta %1, rizosfer toprağında %0.1 düzeyinde önemli farklılıklar göstermiştir.

4.6.3. Alınabilir Demir (Fe), Çinko (Zn), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn)

Normal Toprak

Normal toprak örneklerinde uygulamaların alınabilir demir değerlerine ait grafik Şekil 4.33'de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek alınabilir demir değerleri N1DBD-4 (8.88 ppm), NNBD-7 (8.46 ppm) ve NIDBA-5 (8.45 ppm) uygulamalarında, en düşük değer ise Kontrol2 (7.11 ppm) uygulamasında tespit edilmiştir. Çizelge 4.12'de görüldüğü üzere en yüksek alınabilir demir değerine sahip uygulamalar ile Kontrol2 uygulaması arasında istatistiksel olarak önemli (%5) bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.33. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Fe (ppm) üzerine etkileri

Çizelge 4.12. Uygulamaların normal toprakta alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn değerleri üzerine etkileri

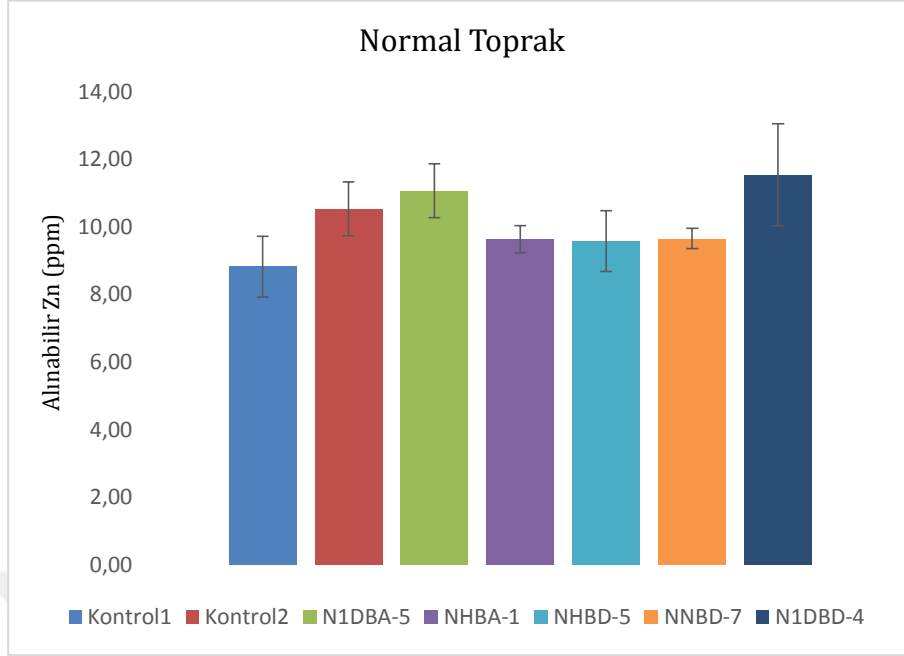
Uygulamalar	Alınabilir Demir (ppm)	Alınabilir Çinko (ppm)	Alınabilir Bakır (ppm)	Alınabilir Mangan (ppm)
Kontrol1	8.132ab ¹	8.816	3.958	14.754
Kontrol2	7.114b	10.528	3.942	14.530
N1DBA-5	8.450a	11.068	4.100	15.334
NHBA-1	8.092ab	9.626	3.946	14.856
NHBD-5	8.052ab	9.578	3.922	15.700
NNBD-7	8.458a	9.652	3.938	15.198
N1DBD-4	8.884a	11.542	3.906	14.686
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)				
	2.768* ²	Ö.D. ³	Ö.D.	Ö.D.

¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

² *, %5 düzeyinde önemlidir

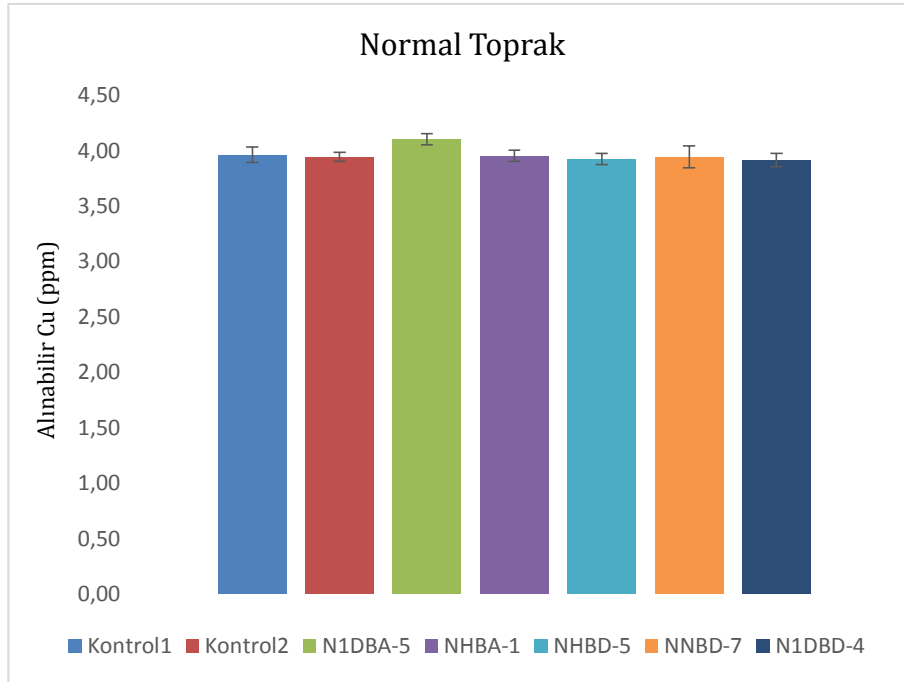
³ Ö.D.; Önemli değil

Uygulamaların normal topraktaki alınabilir çinko değerlerine ait grafik Şekil 4.34'te verilmiştir. Bu şekle göre tüm uygulamaların alınabilir çinko değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.12'de gösterildiği üzere uygulamaların alınabilir Fe değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır.



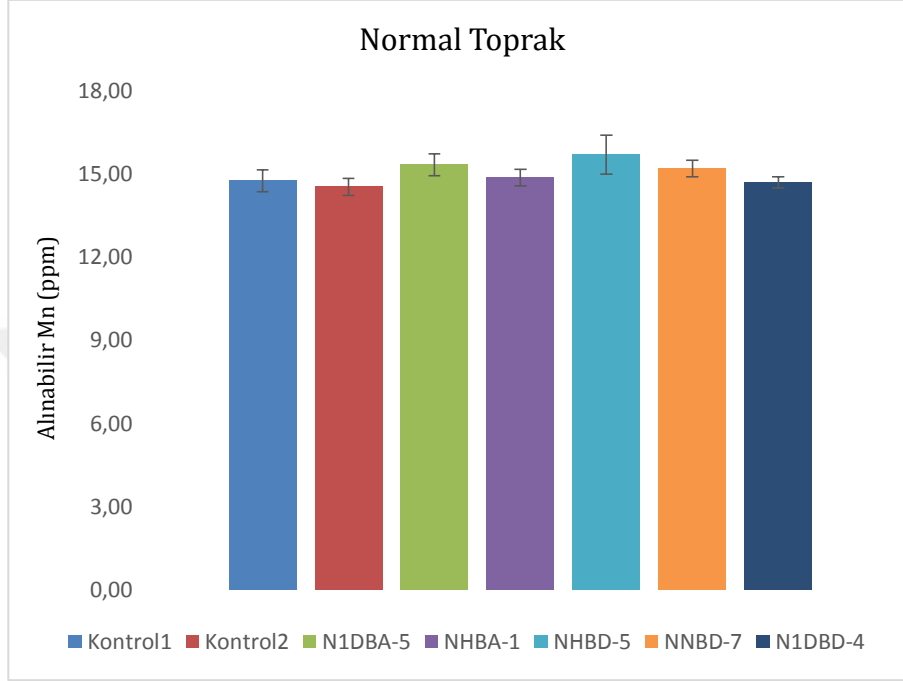
Şekil 4.34. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Zn (ppm) üzerine etkileri

Normal topraktaki alınabilir bakır değerlerine ait grafik Şekil 4.35’de verilmiştir. Buna göre tüm uygulamaların alınabilir Cu değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.12’e göre, uygulamaların alınabilir Cu değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.35. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Cu (ppm) üzerine etkileri

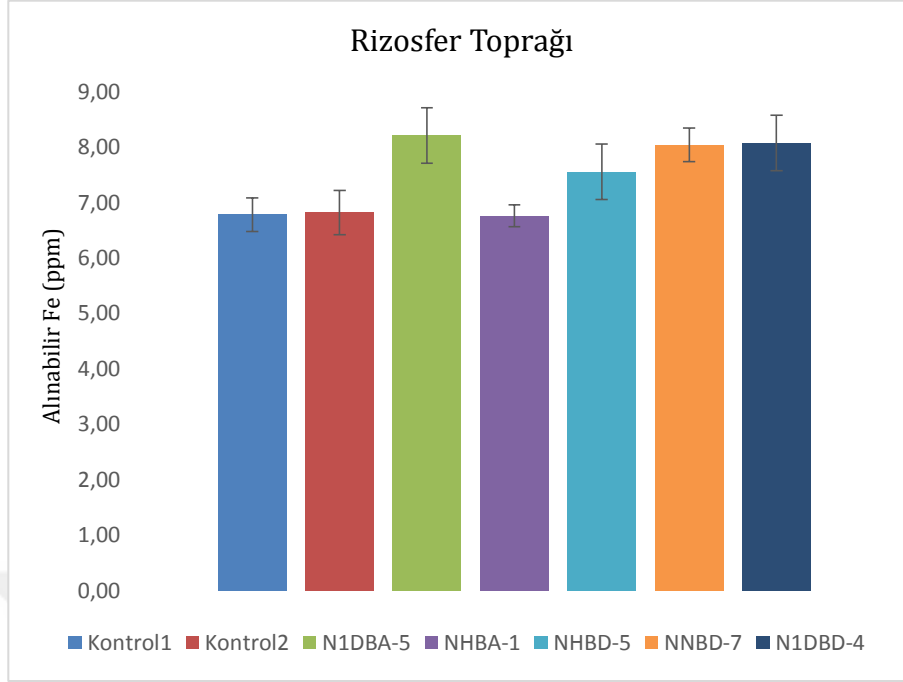
Deneme saksılarından alınan normal toprak örneklerindeki uygulamaların alınabilir mangan değerlerine ait grafik Şekil 4.36’da verilmiştir. Şekle göre uygulamaların hepsinin alınabilir mangan değerleri birbirlerine benzer bulunmuştur. Çizelge 4.12’ye göre uygulamaların alınabilir Mn değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 4.36. Uygulamaların normal topraktaki alınabilir Mn (ppm) üzerine etkileri

Rizosfer Toprağı

Rizosfer toprağı örneklerinde uygulamaların alınabilir demir değerlerine ait grafik Şekil 4.37’te verilmiştir. Şekle göre, en yüksek alınabilir demir değeri N1DBA-5 (8.21 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Diğer uygulamaların alınabilir demir değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Çizelge 4.13’e bakıldığında N1DBA-5 uygulamasının alınabilir demir içeriği ile diğer uygulamaların değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli (%5) bir fark bulunmuştur. Uygulamaların normal topraktaki değerlerinin rizosfer toprağındaki değerlerden yüksek olduğu da gözlenmiştir.



Şekil 4.37. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Fe (ppm) üzerine etkileri

Çizelge 4.13. Uygulamaların rizosfer toprağında alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Alınabilir Demir (ppm)	Alınabilir Çinko (ppm)	Alınabilir Bakır (ppm)	Alınabilir Mangan (ppm)
Kontrol1	6.780b ¹	8.502	3.110b	12.756b
Kontrol2	6.822b	10.364	3.300b	14.642a
N1DBA-5	8.206a	9.757	3.854a	14.472a
NHBA-1	6.758b	8.336	3.858a	14.660a
NHBD-5	7.548ab	9.706	3.774a	14.014ab
NNBD-7	8.044ab	10.002	3.814a	13.546ab
N1DBD-4	8.072ab	11.584	3.828a	13.805ab
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)				
	2.689* ²	Ö.D. ⁴	9.457*** ³	2.851*

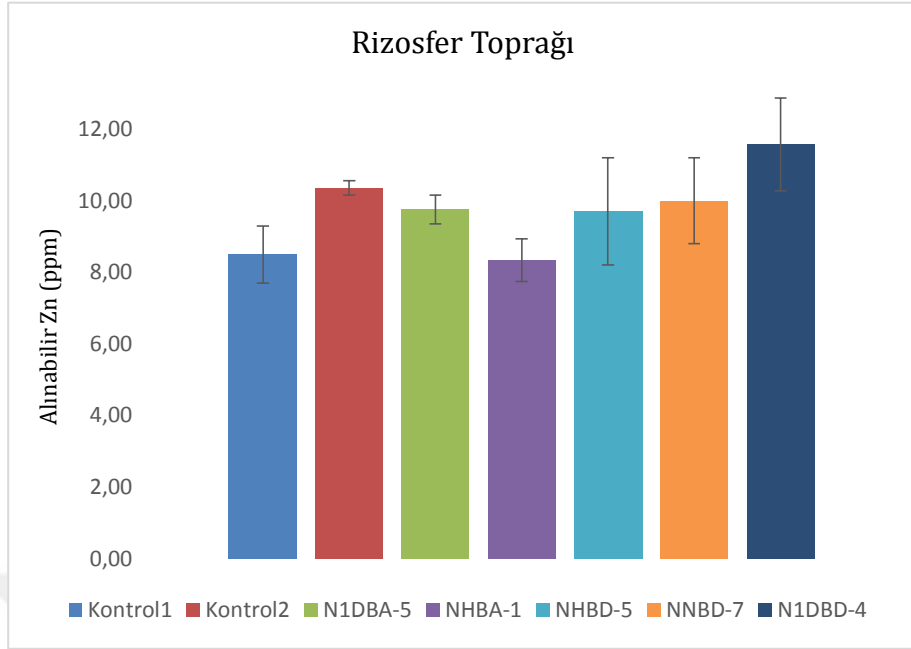
¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

² *, %5 düzeyinde önemlidir

³ ***, %0.1 düzeyinde önemlidir

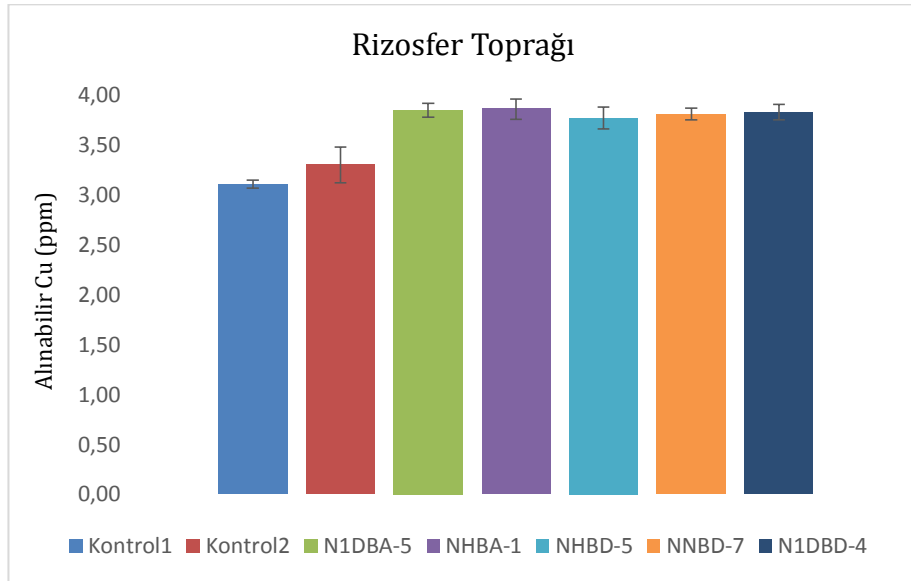
⁴ Ö.D.; Önemli değil

Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir çinko değerlerine ait grafik Şekil 4.38'da gösterilmiştir. Şekle göre uygulamalar arasındaki alınabilir çinko değerleri birbirine benzer olmuştur. Çizelge 4.13'e göre uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Normal toprakta ve rizosfer toprağında alınabilir çinko değerlerine bakıldığında, her ikisinde de N1DBD-4 uygulamasına ait değerlerin diğer uygulamalara göre en yüksek olduğu gözlenmiştir.



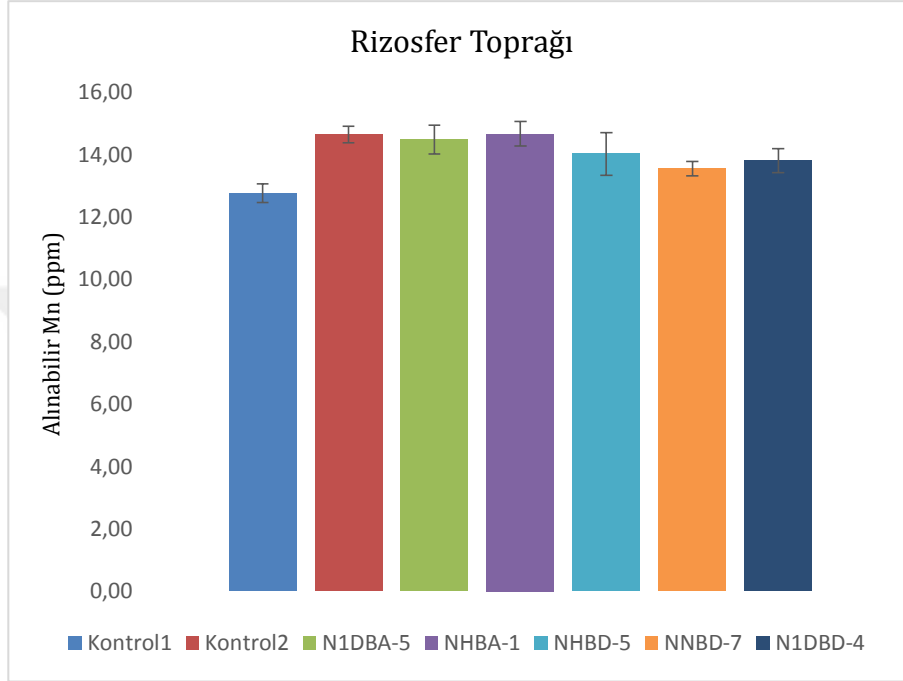
Şekil 4.38. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Zn (ppm) üzerine etkileri

Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir bakır değerlerine ait grafik Şekil 4.38’de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek bakır değeri NHBA-1 (3.86 ppm) uygulamasında, en düşük değer ise Kontrol1 (3.11 ppm) uygulamasında bulunmuştur. Çizelge 4.13’te gösterildiği üzere alınabilir bakır değerleri açısından kontrol uygulamaları ile diğer tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli (%0.1) bir fark bulunmuştur. Genel olarak uygulamaların normal topraktaki değerlerinin rizosfer toprağındaki değerlerden yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.39. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Cu (ppm) üzerine etkileri

Saksılardan alınan rizosfer toprağı örneklerindeki uygulamaların alınabilir mangan değerlerine ait grafik Şekil 4.40'da gösterilmiştir. Buna göre, Kontrol1 (12.75 ppm) uygulaması dışındaki uygulamaların hepsinin alınabilir mangan içeriğı birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. Bu durum Çizelge 4.13'te görüldüğü üzere uygulamaların alınabilir mangan değerleri arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bir fark olduğunu göstermiştir.

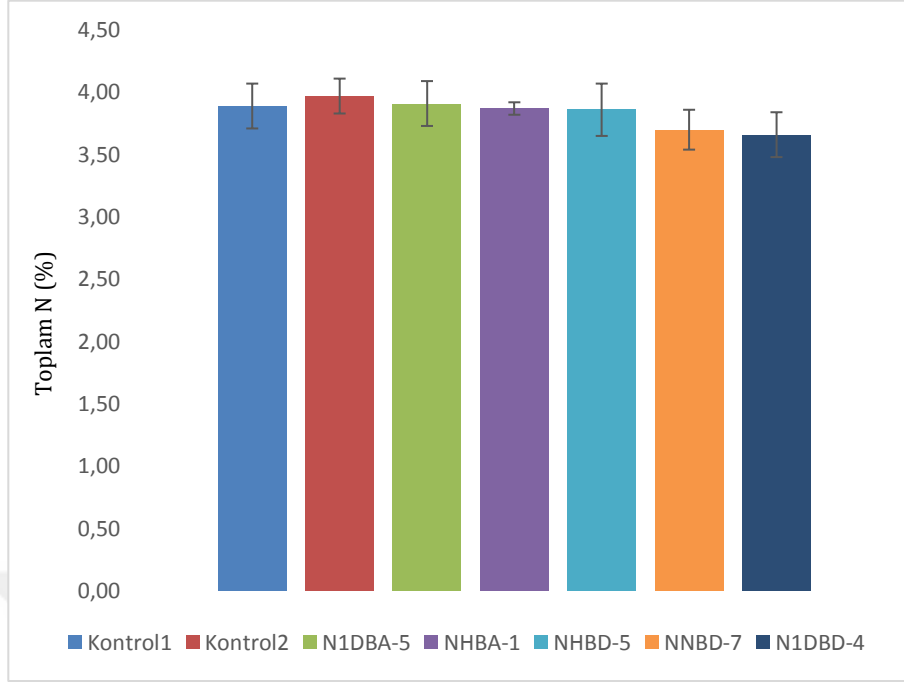


Şekil 4.40. Uygulamaların rizosfer toprağındaki alınabilir Mn (ppm) üzerine etkileri

4.7. Bitkilerin Makro-Mikro Besin Elementi Değerleri

4.7.1. Toplam Azot

Yapılan uygulamalar sonucunda bitkinin yeşil aksamalarında elde edilen toplam azot değerlerine ait grafik Şekil 4.41'de verilmiştir. Buna göre, bitkideki toplam azot değeri en düşük N1DBD-4 (%3.66) uygulamasında, en yüksek Kontrol2 (%3.97) uygulamasında gözlenmiştir. Çizelge 4.14'de verilen değerler yorumlandığında, tüm uygulamalar arasında toplam azot miktarı değerleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.41. Uygulamaların bitkilerdeki toplam N (%) değeri üzerine etkileri

Çizelge 4.14. Uygulamaların bitkilerde toplam N, P ve K değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Toplam Azot (%)	Fosfor (%)	Potasyum (%)
Kontrol1	3.887	0.166b ¹	3.750
Kontrol2	3.974	0.184b	3.805
N1DBA-5	3.909	0.188b	3.799
NHBA-1	3.874	0.250a	4.092
NHBD-5	3.862	0.267a	3.912
NNBD-7	3.705	0.219ab	3.867
N1DBD-4	3.656	0.254a	4.418
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	Ö.D. ³	13.436** ²	Ö.D.

¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

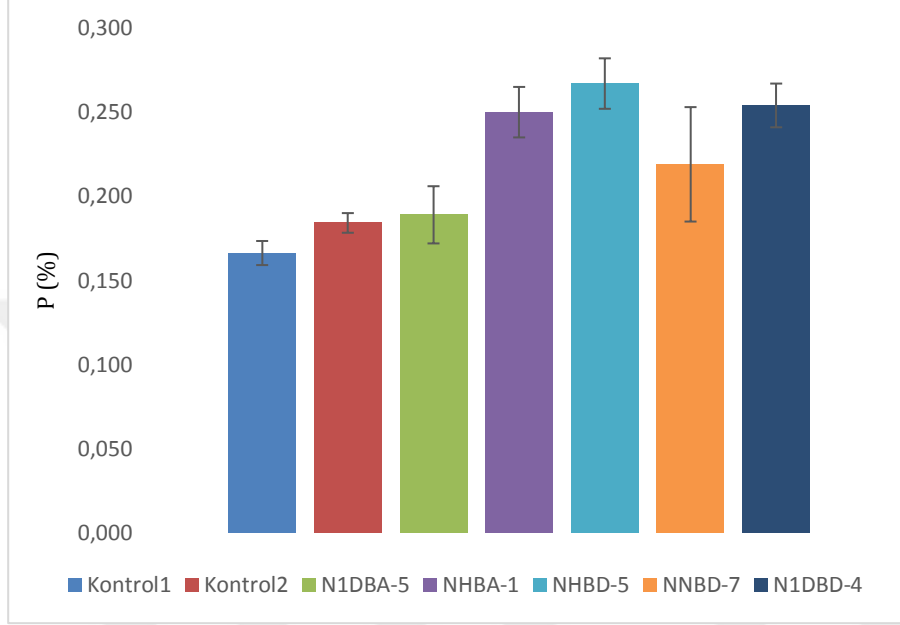
² **, %1 düzeyinde önemlidir

³ Ö.D.; Önemli değil

Bayraklı ve ark. (2017)'nin yaptıkları çalışmada TGAE.Sam.60-c ve TGAE.S.1809 suşları soya tane verimi, tane azot kapsamı ve dekardan kaldırılan toplam azot değerleri yönünden, Samsun ili soya tarımı yapılan alanlar için en uygun suşlar olduğu saptanmıştır. Buna karşın, yaptığımız çalışmada, uygulamalar bitkilerin toplam N kapsamlarına önemli bir etki yapmamıştır.

4.7.2. Fosfor

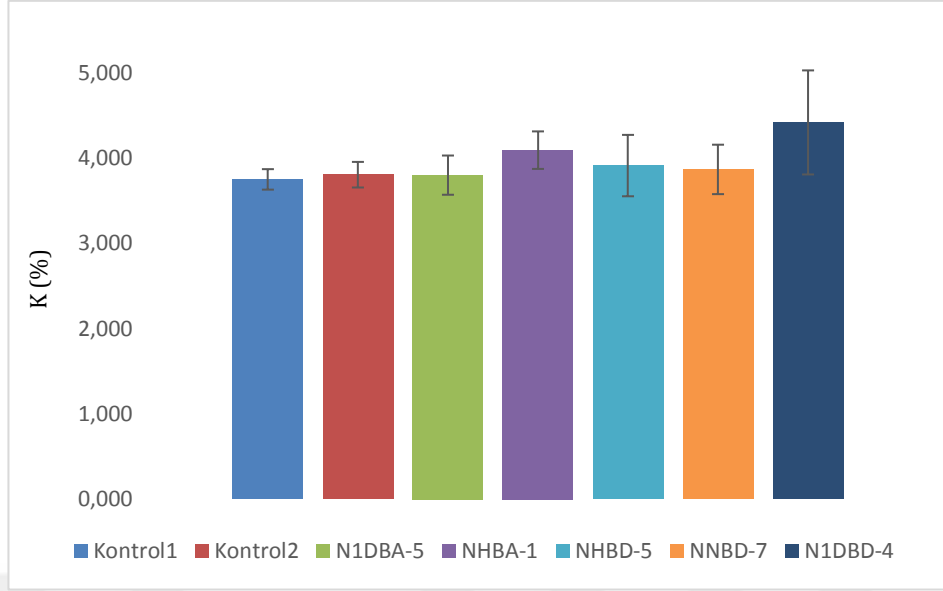
Uygulamaların bitkilerdeki fosfor değerlerine ait grafik Şekil 4.42’de gösterilmiştir. Şekle göre, en yüksek fosfor içeriği NHBD-5 (%0.26) uygulamasında tespit edilmiştir. Çizelge 4.14’e göre tüm uygulamalar arasında fosfor içerikleri kıyaslandığında istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.42. Uygulamaların bitkilerdeki P (%) değeri üzerine etkileri

4.7.3. Potasyum

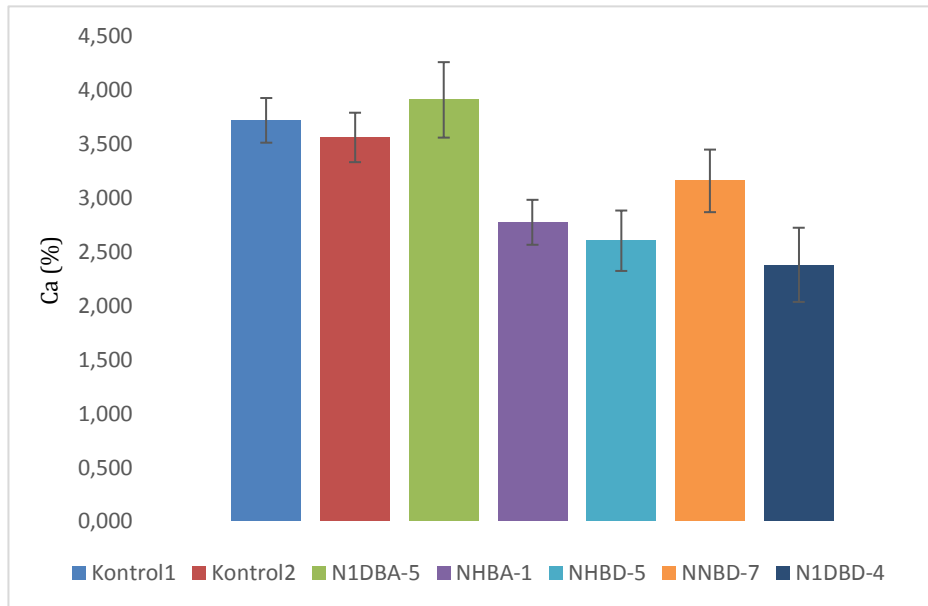
Uygulamaların bitkilerdeki potasyum değerlerine ait grafik Şekil 4.43’te verilmiştir. Buna göre en yüksek potasyum içeriğine sahip uygulama NNBD-7 (%4.42) olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.14’e göre uygulamalar arasında potasyum içeriklerine göre istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır.



Şekil 4.43. Uygulamaların bitkilerdeki K (%) değeri üzerine etkileri

4.7.4. Kalsiyum

Saksılara yapılan uygulamalardan elde edilen bitkilerdeki kalsiyum değerlerine ait grafik Şekil 4.44'te gösterilmiştir. Şekle göre, bitkilerin kalsiyum değerinin en düşük N1DBD-4 uygulamasında, en yüksek Kontrol1 ve N1DBA-5 uygulamalarında olduğu gözlenmiştir. Uygulamaların bitkilerdeki kalsiyum değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Buna göre, uygulamaların kalsiyum değerleri arasında %5 düzeyde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir.



Şekil 4.44. Uygulamaların bitkilerdeki Ca (%) değeri üzerine etkileri

Çizelge 4.15. Uygulamaların bitkilerde Ca, Mg ve Na değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Kalsiyum (%)	Magnezyum (%)	Sodyum (%)
Kontrol1	3.715a ¹	0.641ab	0.617ab
Kontrol2	3.557ab	0.688a	0.674a
N1DBA-5	3.905a	0.605abc	0.635a
NHBA-1	2.770bc	0.566abc	0.504c
NHBD-5	2.598c	0.560bc	0.497c
NNBD-7	3.154abc	0.547bc	0.525bc
N1DBD-4	2.376c	0.489c	0.478c
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)			
	4.707** ³	2.792* ²	5.738**

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyindedir

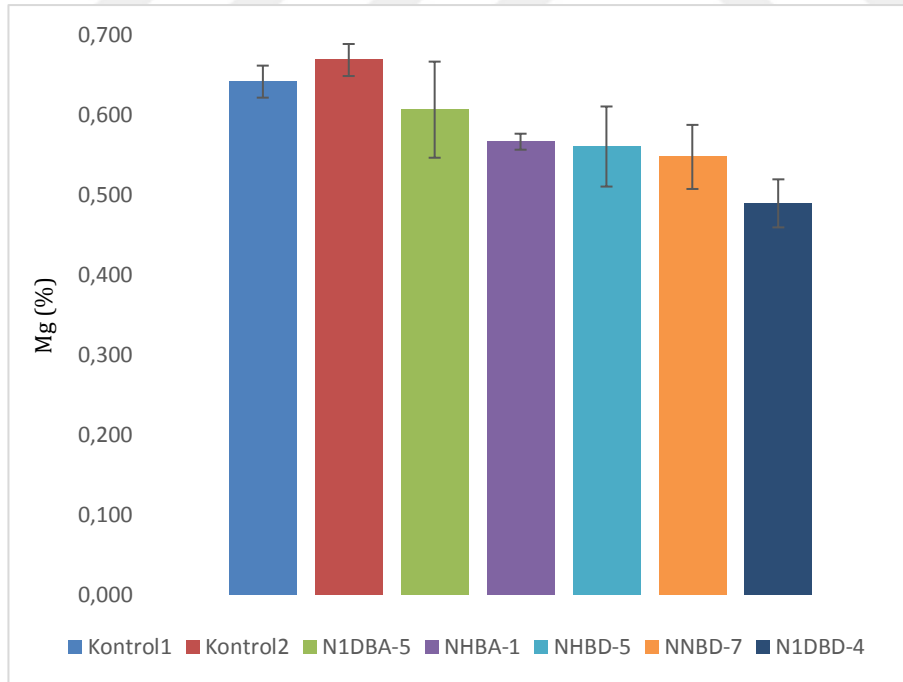
2 *, %5 düzeyinde önemlidir

3 **, %1 düzeyinde önemlidir

4 Ö.D.; Önemli değil

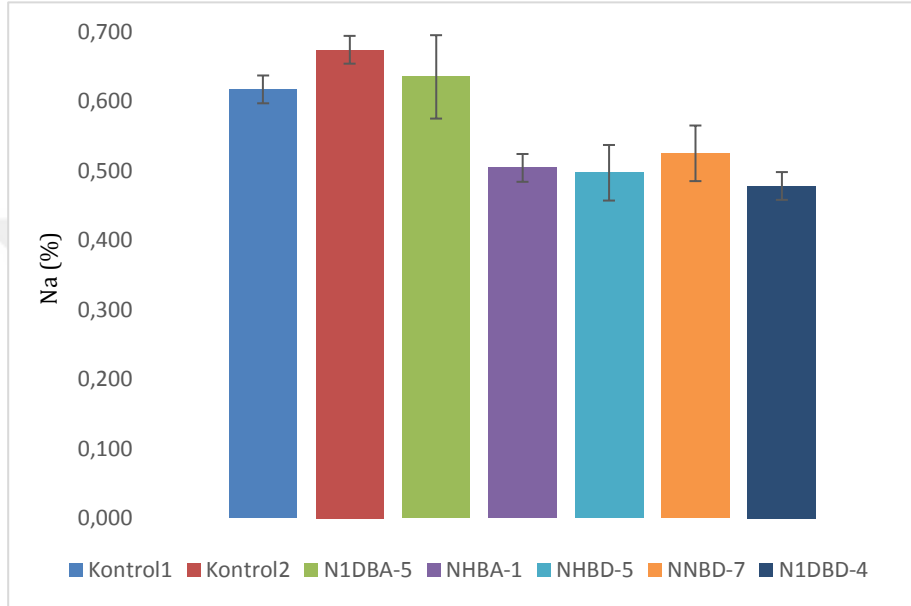
4.7.5. Magnezyum

Yapılan uygulamaların bitkilerdeki magnezyum değerlerine ait grafik Şekil 4.45’de verilmiştir. Buna göre, uygulamaların bitkilerdeki magnezyum değerleri birbirine oldukça yakın olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.15’te görüldüğü üzere uygulamaların magnezyum değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir.

**Şekil 4.45.** Uygulamaların bitkilerdeki Mg (%) değeri üzerine etkileri

4.7.6. Sodyum

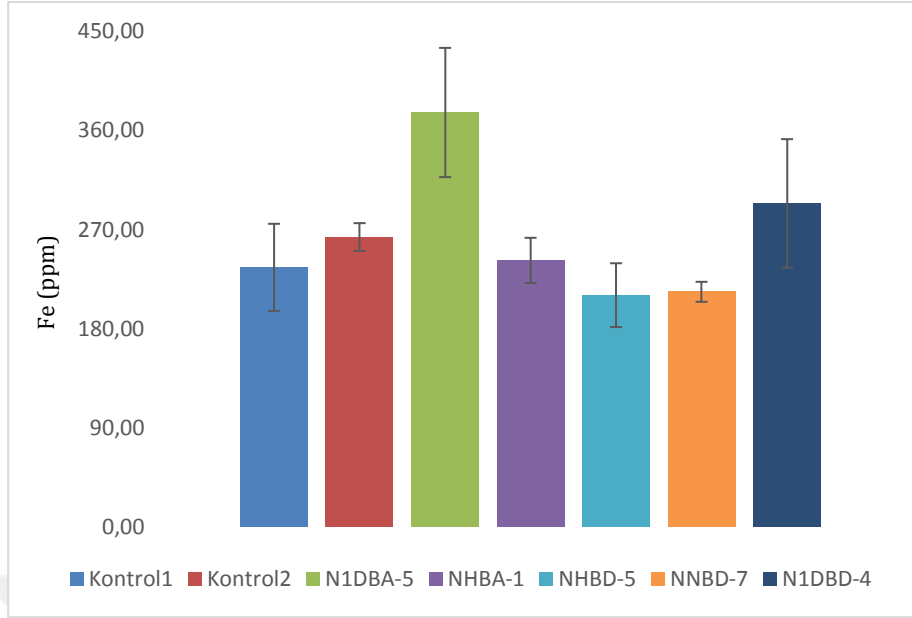
Uygulamaların bitkilerdeki sodyum değerlerine ait grafik Şekil 4.46'da verilmiştir. Şekle göre, bitkilerdeki en yüksek sodyum değerinin Kontrol2 (%0.67) uygulamasında olduğu gözlenmiştir. Uygulamaların bitkilerdeki sodyum değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde, uygulamaların bitkilerdeki sodyum değerleri istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bir farklılık göstermiştir.



Şekil 4.46. Uygulamaların bitkilerdeki Na (%) değeri üzerine etkileri

4.7.7. Demir

Yapılan uygulamaların bitkilerdeki demir değerlerine ait grafik Şekil 4.47'de gösterilmiştir. Şekle bakıldığında, uygulamaların bitkilerdeki en yüksek demir değeri N1DBA-5 uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamaların bitkilerdeki demir değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Çizelgeye göre, bitkilerdeki demir değerleri açısından uygulamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4.47. Uygulamaların bitkilerdeki Fe (ppm) değeri üzerine etkileri

Çizelge 4.16. Uygulamaların bitkilerdeki Fe, Mn, Zn ve Cu değerleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Demir (ppm)	Mangan (ppm)	Çinko (ppm)	Bakır (ppm)
Kontrol1	235.64	81.02	110.76	5.80c ¹
Kontrol2	263.20	97.90	139.54	8.04bc
N1DBA-5	376.30	91.72	129.96	6.65c
NHBA-1	242.00	104.32	139.92	11.20ab
NHBD-5	210.40	97.20	140.88	11.68ab
NNBD-7	213.44	91.90	137.70	13.57a
N1DBD-4	293.72	87.60	136.24	13.80a
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)				
	Ö.D. ³	Ö.D.	Ö.D.	6.490*** ²

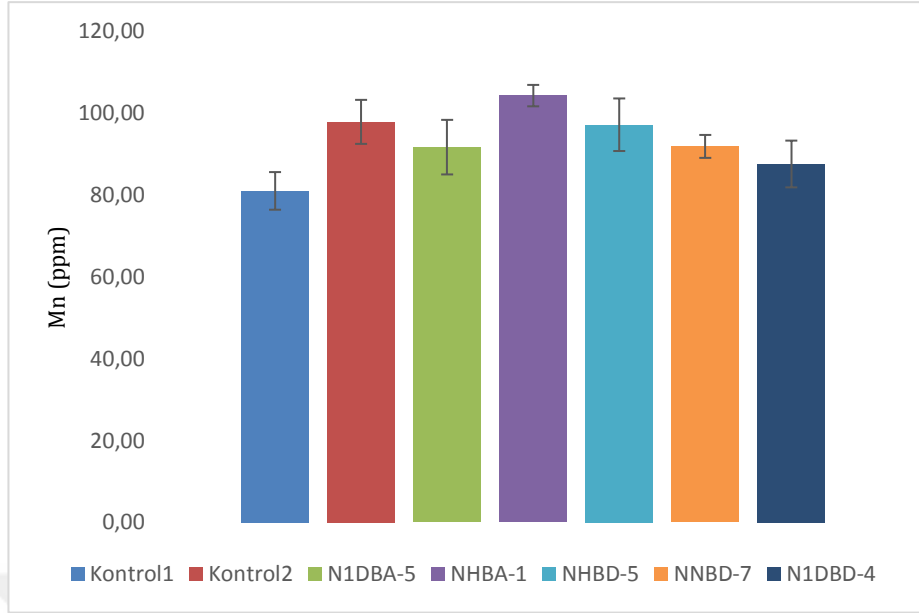
1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyindedir

2 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir

3 Ö.D.; Önemli değil

4.7.8. Mangan

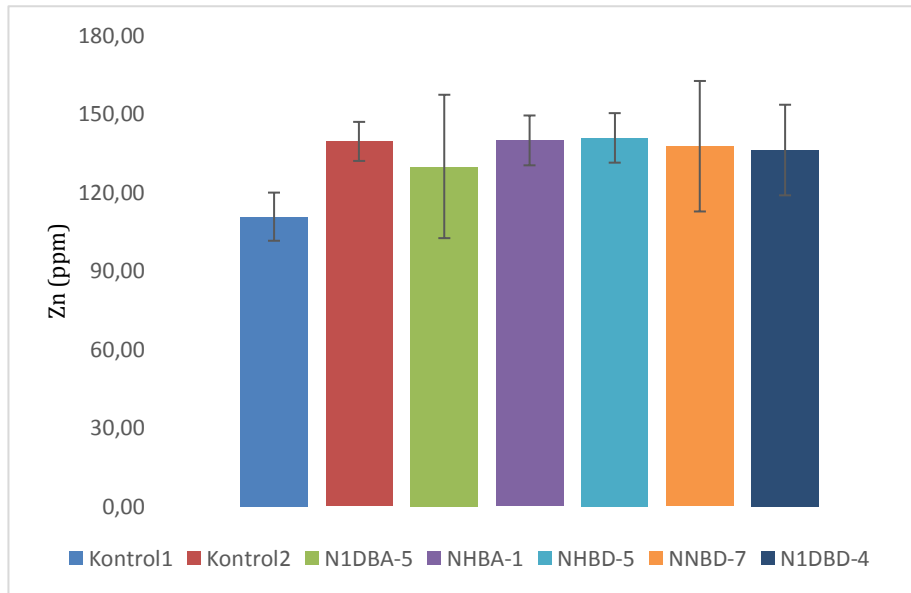
Yapılan uygulamaların bitkilerdeki mangan değerlerine ait grafik Şekil 4.48’de verilmiştir. Verilen şekil incelendiğinde, bitkilerdeki mangan değerlerinin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir. Uygulamaların bitkilerdeki mangan değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında, bitkilerdeki mangan değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Ancak Tukey HSD analizi sonucuna göre, Kontrol1 ile NHBA-1 uygulaması arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.48. Uygulamaların bitkilerdeki Mn (ppm) değeri üzerine etkileri

4.7.9. Çinko

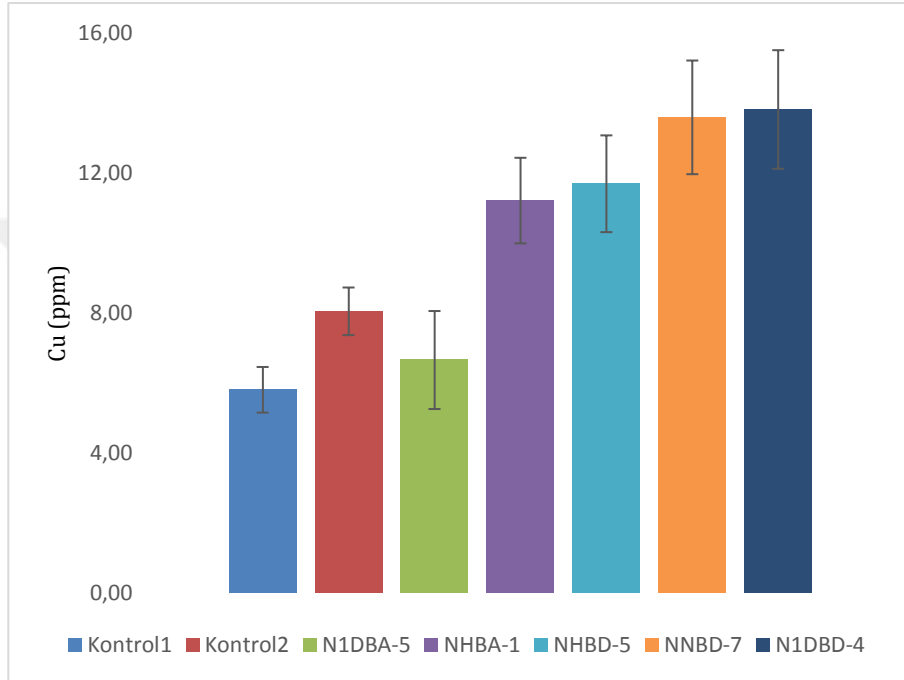
Saksılara yapılan uygulamaların bitkilerdeki çinko değerlerine ait grafik Şekil 4.49'da gösterilmiştir. Verilen şekil incelendiğinde, bitkilerdeki çinko değerlerinin birbirine benzer olduğu tespit edilmiştir. Uygulamaların bitkilerdeki çinko değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında, bitkilerdeki Zn değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4.49. Uygulamaların bitkilerdeki Zn (ppm) değeri üzerine etkileri

4.7.10. Bakır

Yapılan uygulamaların bitkilerdeki bakır değerlerine ait grafik Şekil 4.50’de verilmiştir. Verilen şekle göre, bitkilerdeki bakır değeri en düşük Kontrol1 (5.80 ppm) uygulamasında, en yüksek ise N1DBD-4 (13.80 ppm) uygulamasında gözlenmiştir. Uygulamalara ait bitkilerdeki bakır değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.16’da gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde, uygulamaların bitkilerdeki bakır değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.



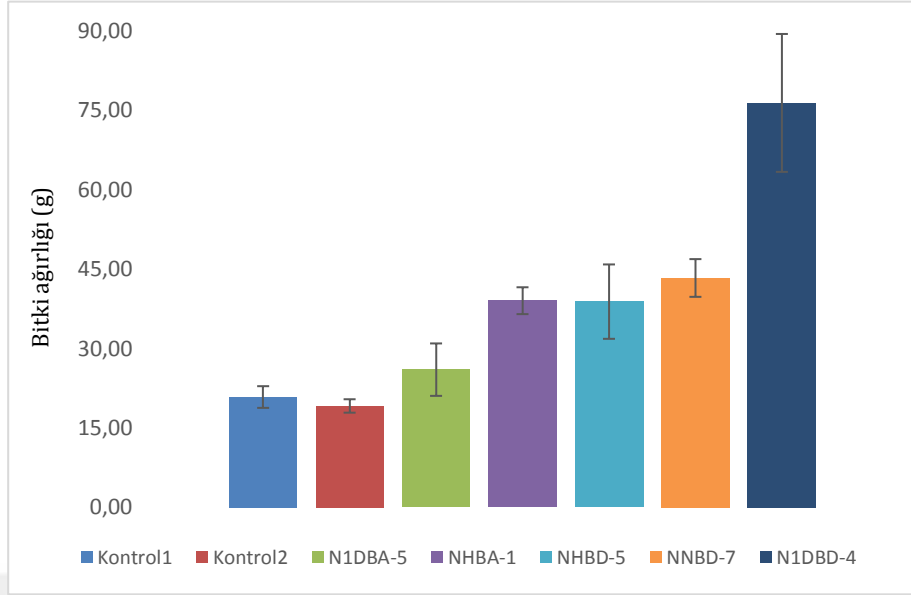
Şekil 4.50. Uygulamaların bitkilerdeki Cu (ppm) değeri üzerine etkileri

Çakmakçı ve ark. (2012), yaptıkları bir çalışmada, bakteri uygulamalarının çay bitkisinin yapraklarında makro ve mikro besin elementi içeriklerini artabileceğini ortaya koymuşlardır. Buna benzer olarak yaptığımız çalışmada da P, Ca, Mg, Na ve Cu besin elementi değerleri artış göstermiştir.

4.8. Bitkilerin Verim ve Kalite Parametreleri

4.8.1. Bitki ağırlığı

Deneme sonunda hasat edilen bitkilerin ağırlıklarına ait grafik Şekil 4.51’de verilmiştir. Buna göre, uygulamalara ait bitkilerde en düşük bitki ağırlığına sahip uygulama Kontrol2 (19.13 g), en yüksek değere sahip uygulama ise N1DBD-4 (76.40 g) olmuştur. Çizelge 4.17’de verildiği üzere uygulamaların bitki ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.51. Uygulamaların bitkilerin ağırlıkları (g) üzerine etkileri

Çizelge 4.17. Uygulamaların bitki ağırlığı, kök boğazı çapı, baş uzunluğu, kök uzunluğu ve yaprak sayısı üzerine etkileri

Uygulamalar	Bitki Ağırlığı (g)	Kök Boğazı Çapı (mm)	Baş Uzunluğu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)	Yaprak Sayısı (Adet)
Kontrol1	20.82 ^{c1}	11.41	7.32 ^b	11.56	26.80 ^b
Kontrol2	19.13 ^c	10.99	6.90 ^b	12.42	23.50 ^b
N1DBA-5	25.99 ^{bc}	12.15	6.75 ^b	11.60	27.00 ^b
NHBA-1	39.02 ^b	12.16	10.97 ^a	12.94	32.80 ^a
NHBD-5	38.85 ^b	10.96	10.76 ^a	12.62	33.25 ^a
NNBD-7	43.32 ^b	11.87	9.92 ^a	12.52	35.25 ^a
N1DBD-4	76.40 ^a	13.35	10.60 ^a	15.02	35.25 ^a
ANOVA (TEK YÖNLÜ; LSD %5)					
	11.285*** ³	Ö.D. ⁴	14.085***	Ö.D.	6.028*** ²

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir

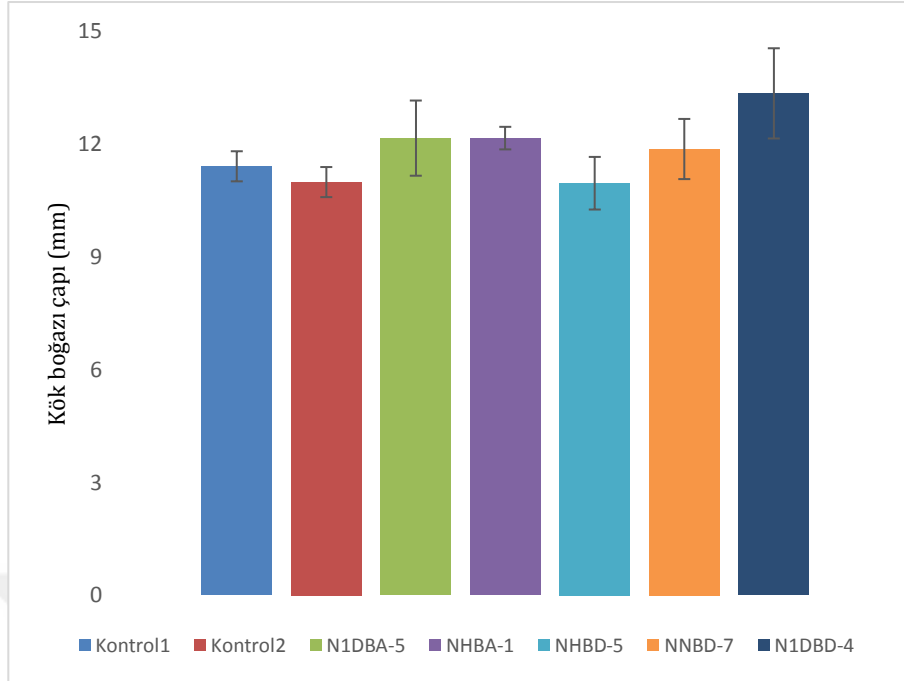
2**; %1 düzeyinde önemlidir

3***; %0.1 düzeyinde önemlidir

4 Ö.D.; Önemli değil

4.8.2. Kök boğazı çapı

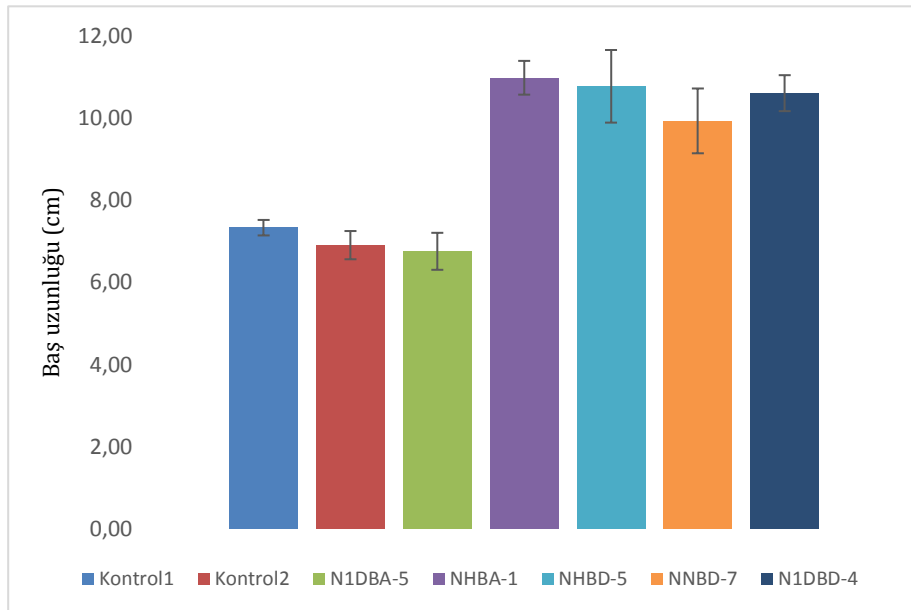
Uygulamaların kök boğazı çapı değerlerine ait grafik Şekil 4.52’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, kök boğazı çapı değerleri tüm uygulamalarda birbirine yakın bulunmuştur. Uygulamaların bitkilerin kök boğazı çapı üzerine etkilerinin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında, uygulamaların kök boğazı çapı değerleri istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4.52. Uygulamaların bitkilerin kök boğazı çapı (mm) üzerine etkileri

4.8.3. Baş uzunluğu

Uygulamalara ait bitkilerin baş uzunluğu değerleri Şekil 4.53'te gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, en yüksek baş uzunluğu değeri NHBA-1, NHBD-5, NNBD-7 ve N1DBD-4 uygulamalarında tespit edilmiştir. Çizelge 4.17'ye göre bitkilerin baş uzunluğu değerleri istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

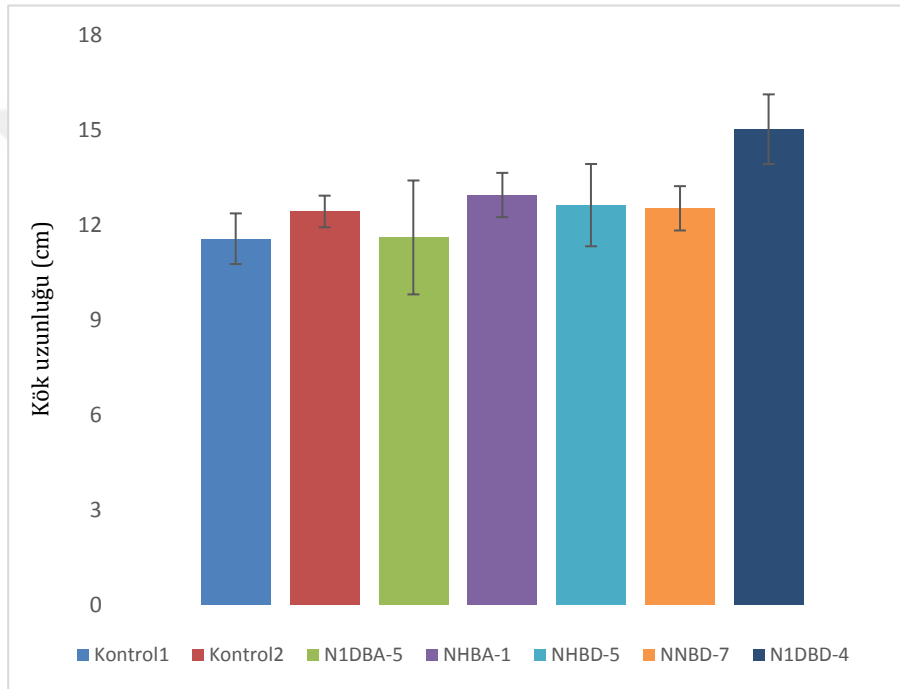


Şekil 4.53. Uygulamaların bitkilerin baş uzunluğu (cm) üzerine etkileri

Özsoy-Altunkaynak ve Ceyhan (2018) yaptıkları çalışmada, uyguladıkları bakteri + azot dozları muamelelerine ait bitki boyları değerlerinin %1 düzeyde önemli olduğunu saptamışlardır. Yaptığımız çalışmada da saksılara uygulanan bakterilerin bitki boylarında artışa neden olduğu gözlenmiştir.

4.8.4. Kök uzunluğu

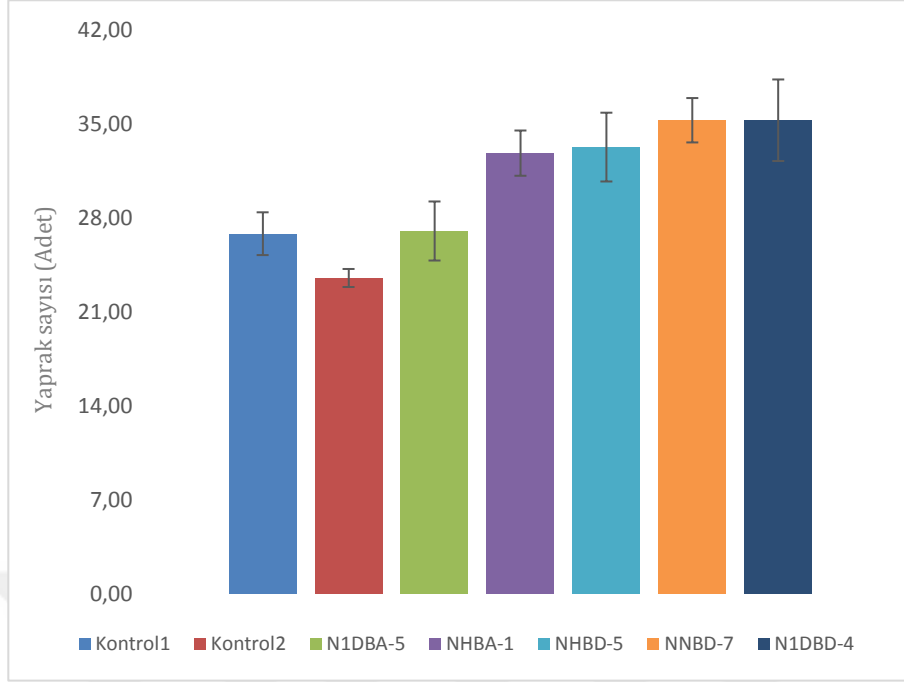
Uygulamalara ait bitkilerin kök uzunluğu değerleri Şekil 4.54’de verilmiştir. Şekle göre, kök uzunluğu değerleri birbirine benzer bulunmuştur. Çizelge 4.17’ye bakıldığında uygulamaların kök uzunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 4.54. Uygulamaların bitkilerin kök uzunluğu (cm) üzerine etkileri

4.8.5. Yaprak sayısı

Bitkilerin yaprak sayılarına ait grafik Şekil 4.55’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, yaprak sayısı en düşük Kontrol2 uygulamasında, en yüksek ise N1DBD-4 ve NNBD-7 uygulamalarında gözlenmiştir. Çizelge 4.17’ye göre uygulamaların yaprak sayısı değerleri arasında istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bir fark gözlenmiştir.



Şekil 4.55. Uygulamaların bitkilerin yaprak sayısı (adet) üzerine etkileri

Uysal-Şahin ve Dönmez (2020)'in domates bitkisi yaptıkları bir çalışmada, gelişen bitkilerde kök uzunluğu, gövde uzunluğu, gövde kalınlığı ve dal sayısı gibi verim unsurlarının önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir. Benzer olarak Gou vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, uygulanan entegre biyo gübre, bitki boyu, gövde çapı, yaprak uzunluğu ve genişliği, meyve verimi parametrelerinde artış gözlenmiştir. Bu iki literatüre benzer olarak uyguladığımız bakteri izolatlarının verim ve kalite unsurlarını doğrudan olumlu etkilemediği ama yaprak sayısı, baş uzunluğunu ve bitki ağırlığını arttırdığı tespit edilmiştir.

6. SONUÇLAR

Konvansiyonel tarımda kısmen kimyasal gübrelere alternatif olan mikrobiyal gübreler, çeşitli ortamlardan (toprak, organik gübre vb.) izole edilen bitkiye besin elementi sağlama amacıyla kullanılan biyolojik preparatlardır. Ancak, ülkemiz bitkisel üretiminde ticari olarak kullanılan bu preparatların büyük çoğunluğunun yurt dışı kaynaklı olduğu (ithal) bilinmektedir. Bunun sonucu olarak ithal mikrobiyal gübrelerin ülkemiz topraklarına olan adaptasyonlarının ve bitkideki etkinliklerinin üretildikleri ülkedeki kadar iyi olmadığı tartışılmaktadır. Başta ülkemiz topraklarının büyük bir kısmının kireç kapsamının ve buna bağlı toprak pH'larının yüksek olması ve organik madde kapsamının çok düşük olması ile iklimsel faktörlerin (sıcaklık, yağış, nem vb.) çok farklılık göstermesi nedeniyle bu durumun ortaya çıktığı söylenebilir. Bu nedenle, bahsedilen kısıtlayıcı faktörlere uyum sağlamış yerli izolatların üretilmesi, bilimsel çalışmalarla test edilmesi ve toprakta-bitkide etkin olanların ülkemiz bitkisel üretiminde alternatif olarak yerini alması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma ile vermikompost uygulanmış yukarıda bahsedilen özellikleri taşıyan bir topraktan azot fiksasyonu yapan bakterilerin izolasyonu yapılmış ve bu bakterilerin mikrobiyal gübre potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre incelenen toprak biyolojik özellikleri açısından üç izolat ön plana çıkmıştır. Bunlardan N1DBD-4 izolatının; normal toprakta üreaz aktivitesi ile bakteri sayısı ve alınabilir Fe, rizosfer toprağında ise β -glukosidaz aktivitesi ile bakteri sayısını diğer uygulamalara göre en yüksek düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. NHBA-1 uygulaması ise sadece rizosfer toprağında üreaz aktivitesi, dehidrogenaz aktivitesi ve alınabilir Mn değerini diğer uygulamalara göre daha fazla arttırmıştır. NNBD-7 uygulamasının ise normal toprakta dehidrogenaz aktivitesi ve değişebilir amonyum değerinin en yüksek olduğu uygulama olduğu belirlenmiştir. Toprak besin elementleri kapsamı üzerine sadece iki izolatın etkili olduğu görülmüştür. N1DBA-5 uygulamasının normal toprakta değişebilir K, rizosfer toprağında ise değişebilir nitrit, alınabilir P ve Fe kapsamı üzerine diğer uygulamalara göre daha fazla etki ettiği tespit edilmiştir. NHBD-5 uygulaması normal toprağın alınabilir P kapsamının ve rizosfer toprağında değişebilir amonyum miktarının en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kimyasal gübre uygulanmış saksılarda (Kontrol1) normal toprakta değişebilir Ca miktarının, rizosfer toprağında ise alkali fosfataz aktivitesi ve değişebilir nitrat kapsamının en yüksek olduğu saptanmıştır. Kimyasal gübre içermeyen Kontrol2 uygulamasında ise hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında değişebilir Mg ve Na değerlerinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, çalışma kapsamında elde edilen bitki örneklerinde N1DBD-4 izolatının bitkinin toplam Cu miktarını, bitki ağırlığını, baş uzunluğunu ve yaprak sayısını en fazla arttıran uygulama olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bitkide toplam Na miktarının ise Kontrol2'de en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tüm bulgular bir arada değerlendirildiğinde, bazı izolatların incelenen toprak biyolojik ve kimyasal parametreleri ile bitkide besin elementi miktarı üzerine olumlu etkilerde bulundukları görülmüştür. Bu bağlamda, toprakta N1DBD-4, NHBA-1, NNBD-7 ve N1DBA-5 izolatlarının bitkide ise sadece N1DBD-4 izolatının ön plana çıktığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, N1DBD-4 izolatının diğer izolatlara göre rizosfer şartlarına daha iyi uyum sağlayabildiği düşünülmektedir. Bu izolatın, hem toprak verimliliği hem de bitkide etkinlik açısından diğerlerine göre kısmen daha

faydalı olduğu için mikrobiyal gübre potansiyelinin bulunduğu düşünölmektedir. Bununla birlikte; bu çalışmada elde edilen sonuçlar, incelenen izolatların mikrobiyal gübre potansiyellerinin daha iyi anlaşılabilmesi için birden fazla yetiştiricilik dönemi kapsayacak şekilde, tarla ve sera koşullarında ve farklı bitkiler ile daha kapsamlı çalışmalar yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.



7. KAYNAKLAR

- Alam, M. N., Jahan, M. S., Ali, M. K., Ashraf, M. A. and Islam, M. K. 2007. Effect of Vermicompost and Chemical Fertilizers on Growth, Yield and Yield Components of Potato in Barind Soils of Bangladesh. *J. Appl. Sci. Res.* 3 (12): 1879-1888.
- Ali, M., Griffiths, A. J., Williams, K. P. and Jones, D. L. 2007. Evaluating the growth characteristics of lettuce in vermicompost and green waste compost. *European Journal of Soil Biology* 43: S316-S319.
- Anderson, J. M. and Ingram, J. S. I. 1989. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International, Wallingford, England.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A. & Bierman, P. 2006. Influence of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology* 97: 831-840.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lee, S. & Welch, C. 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedobiologia* 47: 731-735.
- Aranjuelo, I., Tcherkez, G., Molero, G., Gilard, F., Avice, J. and Nogues, S. 2013. Concerted changes in N and C primary metabolism in alfalfa (*Medicago sativa*) under water restriction. *Journal of Experimental Botany*, 64 (4): 885-897.
- Arcak, S. ve Haktanır, K. 1994. Bitki deseninin asit ve alkali fosfataz toprak enzim aktivitelerine etkileri. Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler: 775. Yayın No: 1394. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ankara.
- Azarmi, R., Giglou, M. T. and Taleshmikail, R. D. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. *Afr. J. Biotechnol.* 7 (14): 2397-2401.
- Bayraklı, B., Özyazıcı, G. ve Özyazıcı, M. A. 2017. Samsun ilinden toplanan farklı nodozite bakteri kültürü ile sera ve tarla koşullarında aşılamanın soya fasulyesi (*Glycine max* L.)'nin verimine ve azot kapsamına etkisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4 (2): 131-142.
- Benitez, E., Melgar, R., Sainz, H., Gomez, M. & Nogales, R. 2000. Enzyme activities in rizosphere of pepper (*Capsicum annuum*, L.) grown with olive cake mulches. *Soil Biology & Biochemistry* 32: 1829-1835.
- Black, C. A. 1965. Methods of Soil Analysis Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA, 1372-1376.
- Bouyoucos, G. J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Brown, M. E., Burlingham, S. K. and Jackson, R. M. 1962. Studies on *Azotobacter* species in soil. I. comparison of media and techniques for counting *Azotobacter* in soil. *Plant Soil* 17: 309-319.
- Cathey, S. E., Boring, L. R., and Sinclair, T. R. 2010. Assessment of N₂ fixation capability of native legumes from the longleaf pine-wiregrass ecosystem. *Environmental and Experimental Botany*, 67: 444-450.

- Chamani, E., Joyce, D. C. & Reihanytabar, A. 2008. Vermicompost Effects on the Growth and Flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. *Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.* 3 (3): 506-512.
- Chang, E. H., Chung, R. S. ve Tsai, Y. H. 2007. Effect of different application rates of organic fertilizer on soil enzyme activity and microbial populations. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53 (2): 132-140.
- Chauhan, H. S., Joshi, S. C. & Rana, D. K. 2010. Response of vermi-compost on Growth and Yield of Pea (*Pisum sativum* L.) cv. Arkel. *Nature and Science* 8 (4): 18-21.
- Cusack, D. F., Silver, W. and McDowell, W. H. 2009. Biological nitrogen F-fixation in two tropical forests: Ecosystem-level patterns and effects of nitrogen fertilization. *Ecosystems*, 12: 1299-1315.
- Çağlar, K. Ö. 1949. Toprak Bilgisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Sayı: 10.
- Dick, W. A. and Tabatabai, M. A. 1992. Potential uses of soil enzymes. In: Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management. Meeting F. B. Jr. (Ed.), Marcel Dekker, New York, USA. Pp.95-127.
- Eivazi, F. and Tabatabai, M. A. 1988. Assay of the β -glukosidase activity. In: Methods in Appilied Soil Microbiology and Biochemistry, Alef, K. and Nannipieri, P. Ed., pp. 350-351, *Academic Press INC*. San Diego.
- El-Komy, H. M. A. 2005. Coimmobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for successful phosphorus and nitrogen nutrition of wheat plants. *Food Technol and Biotechnol*, 43 (1): 19-27.
- Fauci, M. F. and Dick, R. P. 1994. Soil microbial Dynamics: short-and long-term effects of inorganic nitrogen. *Soil Sciences Society of America Journal*, 58: 801-806.
- Forster, J. C. 1995. Soil nitrogen. In: Alef K, Nannipier P (eds) Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. *Academic Press*, London, pp. 79-87.
- Gopal, M., Gupta, A., Planiswami, C., Dhanapal, R. & Thomas, G. V. 2010. Coconut leaf vermiwash: a bio-liquid from coconut leaf vermicompost for improving the crop production capacities of soil. *Current Science*, Vol. 98, No. 9.
- Gou, J. Y., Suo, S. Z., Shao, K. Z., Zhao, Q., Yao, D., Li, H. P., Zhang, J. L. and Rensing, C. 2020. Biofertilizers with beneficial rhizobacteria improved plant growth and yield in chili (*Capsicum annuum* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36:86.
- Gutierrez-Miceli, F. A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., Gutierrez-Oliva, V. F. and Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Tecnology*, 99: 7020-7026.
- Gutierrez-Miceli, F. A., Santiago-Borraz, J., Molina, J. A. M., Nafate, C. C., Abud-Archila, M., Llaven, M. A. O., Rincon-Rosales, R. & Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology* 98: 2781-2786.

- Hameeda, B., Harini, G., Rupela, U. P. and Reddy, G. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *Afr. J. Biotechnol.* 6 (1): 9-12.
- Hara, S., Hashidoko, Y., Desyatkin, R. V., Morishita, T. and Hatano, R. 2010. Clear increases in acetylene reduction by soil bacteria from an East Siberian Taiga forest bed under conditions mimicking the natural soil environment. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56 (5): 716-724.
- Hartley, A. E. and Schlesinger, W. H. 2002. Potential environmental controls on nitrogenase activity in biological crusts of the northern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments*, 52: 293-304.
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A. & Shariatmadari, H. 2004. Comparison of Vermicompost and Composts as Potting Media for Growth of Tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27 (6): 1107-1123.
- Haynes, R. J. and Swift, R. S. 1988. Effect of lime and phosphate additions on changes in enzyme activities, microbial biomass and levels of extractable nitrogen, sulphur and phosphorus in acid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 6 (2): 153-158.
- He, Y., Guo, L., Zhang, H. and Huang, G. 2011. Symbiotic effectiveness of pea rhizobia associations and the implications for farming systems in the western Loess Plateau, China. *African Journal of Biotechnology*, 10 (8): 3540-3548.
- Hoffman, G. and Teicher, K. 1961. Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Ureaseaktivitat in Boden. *Z. PflZermihr. Dung. Bodenk.* 95: 55-63.
- Islam, M. R., Sultana, T., Joe, M. M., Yim, W., Cho, J. and Sa, T. 2013. Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth-promoting activities enhance growth of tomato and red pepper. *Journal of Basic Microbiology*, 53: 1004-1015.
- Jackson, M. L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jat, R. S. and Ahlawat, I. P. S. 2006. Direct and Residual Effect of Vermicompost, Biofertilizers Phosphorus on Soil Nutrient Dynamics and Productivity of Chickpea-Fodder Maize. *Journal of Sustainable Agriculture* 28 (1): 41-54.
- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III. Toprak Analizleri, A. Ü. Ziraat Fakültesi Geliştirme Vakfı Yayınları No:3.
- Kacar, B. Ve İnal, A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kanchikerimath, M. and Singh, D. 2001. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of India. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 86 (2): 155-162.
- Kaur, G. and Reddy, M. S. 2014. Role of phosphate-solubilizing bacteria in improving the soil fertility and crop productivity in organic farming. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60 (4): 549-564.

- Keeney, D. R. and Nelson, D. W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Am Soc Agron, Soil Sci Soc Am, Madison, pp. 643-698.
- Khan, S. W. 1970. Enzymatic activity in a gray wooded soil as influenced by cropping systems and fertilizers. *Soil Biology and Biochemistry*, 2: 137-139.
- 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.
- Laic, C. M., Liu, K. L., Jeng, G. L. and Helen, W. 2002. Effects of fertilization management on soil enzyme activities related to the C, N, P and S cycles in soils. Symposium nu. 12, s: 1382, Thailand.
- Lakshmanaperumalsamy, P., Jayashree, S. & Rathinamala, J. 2003. Biomass Production of Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) Using Vermicompost. In: Proceedings of National Seminar on Sustainable Environment. N. Sukumaran (Ed). Bharathiar University, Coimbatore, pp. 57-73. ,
- Li, X., Liu, C., Zhao, H., Gao, F., Ji, G., Hu, F. and Li, H. 2018. Similiar positive effects of beneficial bacteria, nematodes and earthworms on soil quality and productivity. *Applied Soil Ecology*, 130; 202-208.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3): 421-428.
- Longsdon, G. 1994. Worldwide progress in vermicomposting: Earthworms and composting. *Biocycle*, Vol: 35, Num: 10, pp. 106-110.
- Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekeran, G. & Ranganathan, L. S. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Environ. Biol.* 30 (2): 275-281.
- Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B. & Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* 72: 9-17.
- Mia, M. A. B., Shamsuddin, Z. H., Wahab, Z. and Marziah, M. 2010. Rhizobacteria as bioenhancer and biofertilizer for growth and yield of banana (*Musa* spp. cv. 'Berangan'). *Scientia Horticulturar*, 126: 80-87.
- Muangthong, A., Youpensuk, S. & Rerkasem, B. 2015. Isolation and Characterisation of Endophytic Nitrogen Fixing Bacteria in Sugarcane. *Tropical Life Sciences Research* 26 (1): 41-51.
- Naher, U. A., Radziah, O., Shamsuddin, Z. H., Halimi, M. S. and Razi, I. M. 2009. Isolation of diazotrophs from different soils of tanjong karang rice growing area in Malaysia. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11: 547-552.
- Natheer, S. E. and Muthukkaruppan, S. 2012. Assessing the in vitro zinc solubilization potential and improving sugarcane growth by inoculating *Gluconacetobacter diazotrophicus*. *Ann Microbiol*, 62: 435-441.

- Navarro-Noya, Y. E., Hernandez-Mendoza, E., Morales-Jimenes, J., Jan-Roblero, J., Martinez-Romero, E. and Hernandez-Rodriguez, C. 2012. Isolation and characterization of nitrogen fixing heterotrophic bacteria from the rhizosphere of Pioneer plants growing on mine tailings. *Applied Soil Ecology*, 62: 52-60.
- Olsen, S. R. & Sommers, E. L. 1982. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate, Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Edit: A. L. Page, P. H. Miller, D. R. Keeney, 404-430.
- Özsoy-Altunkaynak, A. ve Ceyhan, E. 2018. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) farklı azot dozlarının tane verimi ve verim özellikleri üzerine etkileri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32 (2): 91-98.
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T. & Krennek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pack choy (*Brassica rapa* cv. *Bonsai*, *Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *J. Sci. Food Agric.* 6 (4): 245-256.
- Parkinson, D., Gray, T. R. C. and Williams, S. T. 1971. Methods for studying the ecology of soil microorganisms. International Biological Programme Handbook, 19. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Preetha, D., Sushama, P. K. & Marykutty, K. C. 2005. Vermicompost + inorganic fertilizers promote yield and nutrient uptake of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) *Journal of Tropical Agriculture* 43 (1-2): 87-89.
- Puri, A., Padma, K. P. & Chanway, C. P. 2019. Can naturally-occurring endophytic nitrogen-fixing bacteria of hybrid White spruce sustain boreal forest tree growth on extremely nutrient-poor soils? *Soil Biology and Biochemistry* 140.
- Rana, A., Saharan, B., Joshi, M., Prasanna, R., Kuar, K. and Nain, L. 2011. Identification of multi-trait PGPR isolates and evaluating their potential as inoculants for wheat. *Ann Microbiol*, 61: 893-900.
- Rangarajan, A., Leonard, B. and 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, pp. 45-53.
- Reddy, M. V. and Ohkura, K. 2004. Vermicomposting of rice-straw and its effects on sorghum growth. *Tropical Ecology* 45 (2): 327-331.
- Rennie, R. J. 1981. A single medium for the isolation of acetylene-reducing (dinitrogen-fixing) bacteria from soils. *Can. J. Microbiol.* 27: 8-14.
- Saikia, S. P., Jain, V., Khetarpal, S. and Aravind, S. 2007. Dinitrogen fixation activity of *Azospirillum brasilense* in maize (*zea mays*). *Current Science*, 93 (9): 1296-1300.
- Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S. & Balliu, A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7 (3&4): 869-872.

- Sangwan, G., Babaj, I., Kaciu, S. & Balliu, A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 7 (3&4): 869-872.
- Shakeri, E., Modarres-Sanavy, S. A., Dehaghi, M. A., Tabatabaei, S. A. & Moradi-Ghahderijani, M. 2015. Improvement of yield, yield components and oil quality in sesame (*Sesamum indicum* L.) by N-fixing bacteria fertilizers and urea. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (4): 547-560.
- Shu, W., Pablo, G. P., Jun, Y. and Danfeng, H. 2012. Abundance and diversity of nitrogen-fixing bacteria in rhizosphere and bulk paddy soil under different duration of organic management. *World J. Microbiol Biotechnol*, 28: 493-503.
- Siczek, A., Lipiec, J., Wielbo, J., Kidaj, D. and Szarlip, P. 2014. Symbiotic activity of pea (*Pisum sativum*) after application of nod factors under field conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, 15: 7344-7351.
- Simsek-Ersahin, Y. Haktanir, K. and Yanar, Y. 2009. Vermicompost suppresses *Rhizoctonia solani* Kühn in cucumber seedlings. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116 (4): 182-188.
- Singh, R., Sharma, R. R., Kumar, S., Gupta, R. K. and Patil, R. T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). *Bioresource Technology* 99: 8507-8511.
- Sinha, J., Biswas, C. K., Ghosh, A. & Saha, A. 2010. Efficacy of Vermikompost against fertilizers on Cicer and Pisum and on population diversity of N₂ fixing bacteria. *Journal of Environmental Biology* 31: 287-292.
- Subba Rao, N. S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Suthar, S. 2009. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allivum sativum* L.) field crop. *International Journal of Plant Production* 3 (1): 27-38.
- Tabatabai, M. A. and Bremner, J. M. 1969. Phosphomoneoesterase activity. In: Methods in Appilied Soil Microbiology and Biochemistry, K., Alef and P., Nannipiere Ed., pp. 338-339, *Academic Press INC*. San Diego.
- Tavalı, İ. E. 2019. Vermikompost Kullanımının Sera Koşullarında Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa* var. *crispa*)’da Toprak Verimliliği ile Fide Üretimi, Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 217 s.
- Tavalı, İ. E. ve Uz, İ. 2011. Vermikompostun Sürdürülebilir Tarımsal Üretimde Kullanımı. *Hasad Bitkisel Üretim Dergisi*, Cilt: 27, ss. 106-110.
- Thalmann, A. 1968. Dehydrogenase activity in soil. In: Methods in Appilied Soil Microbiology and Biochemistry, K., Alef and P., Nannipieri Ed., pp. 321-325, *Academic Press INC*. San Diego.
- Uma, B. & Malathi, M. 2009. Vermicompost as a soil supplement to improve growth and yield of Amaranthus species. *Res. J. Agric. & Biol. Sci.* 5 (6): 1054-1060.

- Uysal-Şahin, B. ve Dönmez, M. F. 2020. Farklı Bakteri Uygulamalarının Domates (*Solanum lycopersicum* L.) Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 10 (3): 1507-1517.
- Uz, I., Sonmez, S., Tavalı, I. E., Cıtak, S., Uras, D. S. & Cıtak, 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. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44 (1), 280-290.
- Uz, I., ve 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*, pp. 0-0.
- Üçüncü, O. 2018. Azotlu mineral gübre ve Azotobacter sp. bakteri uygulamasının fındık verimi üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 53s.
- Ünal, H. 1967. Rize çay topraklarının enzim aktiviteleri ve bu aktivitelerle önemli toprak özellikleri arasındaki ilgiler. Ankara Basımevi, Ankara, 79 s.
- Yang, L., Li, T., Li, F., Lemcoff, J. H. & Cohen, S. 2008. Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility Dynamics in a cucumber field. *Scientia Horticulturae* 116: 21-26.
- Yao, L., Li, T., Li, F., Lemcoff, J. H. & Cohen, S. 2008. Potential role of rhizobacteria isolated from Northwestern China for enhancing wheat and oat yield. *The Journal of Agricultural Science*, 146 (1): 49-56.
- Yasmin, S., Bakar, M. A. R., Malik, K. A. and Hafeez, F. Y. 2004. Isolation, characterization and beneficial effects of rice associated plant growth promoting bacteria from Zanzibar soils. *Journal Basic Microbiol*, 44 (3): 241-252.

8. EKLER

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

Toprak	Analiz türü	Analiz	Kareler toplamı	df	Ortalamaların karesi	F	Sig
NORMAL	Biyolojik	Üreaz	540,789	6	90,131	4,971	0,002
		Alkali fosfataz	13,802	6	2,300	0,697	0,654
		β - Glikosidaz	1,154	6	0,192	2,356	0,057
		Dehidrogenaz	0,049	6	0,008	4,601	0,003
		Mezofilik	19,198	6	3,200	6,007	0,000
RİZOSFER	Biyolojik	Üreaz	804,665	6	134,111	2,599	0,041
		Alkali fosfataz	133,096	6	22,183	9,161	0,000
		β - Glikosidaz	12,222	6	2,037	5,979	0,000
		Dehidrogenaz	0,048	6	0,008	3,783	0,010
		Mezofilik	22,168	6	3,695	3,070	0,020
NORMAL	Kimyasal	Amonyum	421,021	6	70,170	3,474	0,016
		Nitrat	6677,655	6	1112,943	0,946	0,484
		Nitrit	37,776	6	6,296	0,660	0,682
		pH	0,021	6	0,004	0,845	0,546
		EC	527949,543	6	87991,590	1,002	0,444
		N	0,019	6	0,003	3,262	0,020
		P	1895,443	6	315,907	6,491	0,001
		K	4306,388	6	717,731	5,230	0,001
		Ca	1647099,771	6	274516,629	6,812	0,000
		Mg	31518,244	6	5253,041	13,187	0,000
		Na	3138,643	6	523,107	4,849	0,002
		Fe	9,039	6	1,506	2,768	0,031

		Zn	27,499	6	4,583	1,131	0,371
		Cu	0,104	6	0,017	0,864	0,534
		Mn	5,205	6	0,868	1,157	0,357
RİZOSFER	Kimyasal	Amonyum	179,428	6	29,905	13,849	0,000
		Nitrat	30776,379	6	5129,396	2,801	0,044
		Nitrit	33,813	6	5,635	4,439	0,004
		pH	0,089	6	0,015	2,190	0,074
		EC	326303,619	6	54383,936	1,403	0,253
		N	0,016	6	0,003	8,743	0,005
		P	1341,084	6	223,514	4,469	0,005
		K	32475,935	6	5412,656	1,512	0,219
		Ca	147998,971	6	24666,495	1,486	0,219
		Mg	18601,797	6	3100,300	6,719	0,000
		Na	2272,471	6	378,745	6,831	0,000
		Fe	13,210	6	2,202	2,689	0,035
		Zn	36,815	6	6,136	1,268	0,305
		Cu	2,865	6	0,477	9,457	0,000
		Mn	13,551	6	2,258	2,851	0,030

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
Verim ve Kalite	Bitki Ağırlığı	7585,769	6	1264,295	11,285	0,000
	Kök Boğazı Çapı	20,756	6	3,459	1,227	0,323
	Baş Uzunluğu	87,717	6	14,620	14,085	0,000
	Kök Uzunluğu	40,299	6	6,717	1,197	0,337

	Yaprak Sayısı	598,069	6	99,678	6,028	0,001
Kimyasal	N	0,394	6	0,066	0,549	0,766
	P	0,041	6	0,007	4,649	0,003
	K	1,573	6	0,262	0,507	0,797
	Ca	9,642	6	1,607	4,707	0,002
	Mg	0,118	6	0,020	2,792	0,031
	Na	0,179	6	0,030	5,738	0,001
	Fe	0,001	6	0,000	2,251	0,070
	Zn	0,000	6	0,000	0,400	0,873
	Cu	0,000	6	0,000	6,945	0,000
	Mn	0,000	6	0,000	2,202	0,073

ÖZGEÇMİŞ

ELİF YANIK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2016- 2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2012-2016	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya