

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**VERMİKOMPOST KULLANIMININ SERA KOŞULLARINDA KIVIRCIK
MARUL (*Lactuca sativa var. crispa*)’da TOPRAK VERİMLİLİĞİ ile FİDE
ÜRETİMİ, VERİM ve KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

İsmail Emrah TAVALI

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

HAZİRAN 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**VERMİKOMPOST KULLANIMININ SERA KOŞULLARINDA KIVIRCIK
MARUL (*Lactuca sativa var. crispa*)’da TOPRAK VERİMLİLİĞİ ile FİDE
ÜRETİMİ, VERİM ve KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

İsmail Emrah TAVALI

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

HAZİRAN 2019

ANTALYA

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

**VERMİKOMPOST KULLANIMININ SERA KOŞULLARINDA KIVIRCIK
MARUL (*Lactuca sativa var. crispa*)’da TOPRAK VERİMLİLİĞİ ile FİDE
ÜRETİMİ, VERİM ve KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

**İsmail Emrah TAVALI
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**(Bu tez T.C. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından FDK – 2017 - 2299 nolu proje ile desteklenmiştir.)**

HAZİRAN 2019

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VERMİKOMPOST KULLANIMININ SERA KOŞULLARINDA KIVIRCIK
MARUL (*Lactuca sativa var. crispa*)’da TOPRAK VERİMLİLİĞİ ile FİDE
ÜRETİMİ, VERİM ve KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

İsmail Emrah TAVALI
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 25/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa KAPLAN
Prof. Dr. Ali COŞKAN
Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY
Doç. Dr. İlker UZ
Doç. Dr. Halil DEMİR

ÖZET

VERMİKOMPOST KULLANIMININ SERA KOŞULLARINDA KIVIRCIK MARUL (*Lactuca sativa var. crispa*)’da TOPRAK VERİMLİLİĞİ ile FİDE ÜRETİMİ, VERİM ve KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

İsmail Emrah TAVALI

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlker UZ

Haziran 2019; 127 sayfa

Bu çalışma ile vermikompost kullanımının serada kıvırcık marul (*Lactuca sativa var. crispa*) yetiştiriciliğinde toprak verimliliği ile fide gelişimi ve kalitesi, bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, ilgili mevzuat gereğince vermikompost üzerinde uygulanması zorunlu olan ısıtma işlem uygulamasının bitkisel üretimde etkileri ve bunların düzeyinin araştırılması da bu çalışmanın diğer önemli bir amacını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında, iki dönem (I. ve II. dönem) arka arkaya olmak üzere önce ‘Caipira’ çeşidi marul (*Lactuca sativa var. crispa*) fidesi yetiştirilmiş sonra buradan elde edilen fideler kullanılarak serada marul yetiştiriciliği yapılmıştır. Isıtma işlem görmüş (IVK) ve ısıtma işlem görmemiş (VK) vermikompostlar, fide yetiştirme aşamasında yetiştirme ortamına %0, %30, %60 oranında ilave edilmişken serada yetiştiricilik aşamasında ise parsellere 0, 2, 4 t da⁻¹ dozunda uygulanarak birbiriyle kıyaslanmıştır. Çalışmanın her iki aşaması da tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel olarak planlanmış ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Fide yetiştiriciliği aşaması sonunda elde edilen fidelerde fiziksel ölçümler (çıkış oranı, fide boyu, gövde çapı, yaş ağırlık, kök uzunluğu) yapıldıktan sonra yetiştirme ortamında biyolojik analizler (üreaz, alkali fosfataz, β-glikosidaz, dehidrogenaz, nitrifikasyon, denitrifikasyon aktiviteleri ve bakteri sayısı) ile pH ve EC ölçümleri yapılmıştır. Sera yetiştiriciliği aşamasında bitki gelişimi esnasında (0, 2, 4, 6. hafta) alınan rizosfer ve normal toprak örneklerinde biyolojik (üreaz, alkali fosfataz, β-glikosidaz, dehidrogenaz, nitrifikasyon, denitrifikasyon aktiviteleri ve bakteri sayısı) ve bitki hasat zamanı alınan toprak örneklerinde ise kimyasal analizler (mineral azot formları, makro-mikro besin elementleri analizleri ile pH ve EC ölçümleri) yapılmıştır. Ayrıca, hasat edilen marullarda fiziksel ölçümler (verim ve kalite parametreleri) yapıldıktan sonra bitkinin mineral beslenme durumunu belirlemek için kimyasal analizler (makro-mikro besin elementleri) yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre vermikompost uygulamasının tohum çıkış oranını düşürdüğü görüldüğünden dolayı marul fidesi yetiştiriciliğinde bu gübrenin kullanım olanağının sınırlı olacağı öngörülmektedir. Öte yandan, vermikompost uygulamasının toprakta ve bitkide olumlu sonuçlarının tespit edilmiş olması sebebiyle serada marul yetiştiriciliğinde kullanımının uygun olduğu düşünülmektedir. Genel olarak her iki yetiştiricilik döneminde de IVK’nın VK’ya göre biyolojik parametreler açısından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, fide yetiştirme ortamına gübre ilavesinin toprak ortamında önemli bir fark yaratmadığı ancak parsele gübre yapılmadan sadece fide

yetiştirme ortamına yapılan gübrelemenin de yetersiz olduğu görülmüştür. Toprak kimyasal özellikleri ve bitki mineral beslenmesi açısından da her iki yetiştiricilik döneminde incelenen parametrelerde çok belirgin olarak yine IVK uygulamalarının (toprağa uygulama) n plana çıktığı tespit edilmiştir. Ancak, bitkinin verimi ve kalitesini ise VK'lı uygulamaların IVK uygulamalarına göre daha olumlu etkilediği belirlenmiştir. Sonuç olarak, ısıl işlem uygulamasının gübrenin kimyasal özelliklerini olumsuz etkilemediği tam tersine organik madde ile bazı besin elementi miktarlarını arttırdığı, biyolojik özelliklerini ise olumsuz etkilese de bunun toprak verimliliği ve bitki gelişimine olumsuz yansımadağı belirlenmiştir. Bununla birlikte, bitki verim ve kalitesi ile alakalı ısıl işlemin vermikompostun faydalı etkisini bir miktar baskıladığına dair işaretler tespit edilmiştir. Bu bakımdan, ısıl işlemin hem vermikompost eldesinde hem de bitkisel üretimde etkisini konu alan farklı bitki, iklim, toprak ve yetiştiricilik süresini kapsayan yeni çalışmalara (vermikompostta ve toprakta moleküler mikrobiyal çeşitlilik ve fonksiyonel gen belirleme vb.) ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Bu sayede, toprak verimliliğinin korunması ve arttırılmasında vermikompostun yeri ve önemi daha iyi kavranabilecektir.

ANAHTAR KELİMELEER: Bakteri sayısı, Enzim aktivitesi, Organik gübre, Sebze yetiştiriciliği, Toprak verimliliği.

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa KAPLAN

Prof. Dr. Ali COŞKAN

Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

Doç. Dr. İlker UZ

Doç. Dr. Halil DEMİR

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF VERMICOMPOST USE ON SOIL FERTILITY, SEEDLING PRODUCTION, YIELD AND QUALITY CHARACTERISTICS IN LETTUCE (*Lactuca sativa* var. *crispa*) UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

İsmail Emrah TAVALI

PhD Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

June 2019; 127 pages

The aim of this study is to investigate the effects of vermicompost usage on soil fertility, seedling development and quality, plant growth, yield and quality in lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) cultivation in greenhouse. The effects of the heat treatment applied to vermicompost, which is required by the state regulation, on plant production are also investigated. Within the scope of the study, in the first stage ‘Caipira’ lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) seedlings were grown for two consecutive periods (I. and II.), and then, in the second stage, lettuce cultivation was carried out by using seedlings obtained in the first stage. Heat treated (HTVC) and non-heat treated (VC) vermicomposts were added to the seedling growing medium at 0, 30% and 60% in the first stage and at 0, 20, 40 t ha⁻¹ doses in the cultivation stage (second stage) in a greenhouse. Experiments in both stages were conducted according to factorial and randomize block design with three replicates. After the physical measurements (germination rate, seedling length, stem diameter, wet weight, root length) of the seedlings obtained at the end of the seedling stage, biological analysis in the growing medium (urease, alkaline phosphatase, β -glycosidase, dehydrogenase, nitrification, denitrification activities and number of bacteria) pH and EC measurements were performed. During the greenhouse cultivation stage, rhizosphere and normal soil samples taken during plant growth (0, 2nd, 4th, 6th week) are analyzed for biological parameters (urease, alkaline phosphatase, β -glycosidase, dehydrogenase, nitrification, denitrification activities and number of bacteria). On soil samples collected at the end of the experiment chemical analysis (mineral nitrogen forms, pH and EC measurements by macro-micro nutrient analysis) were performed. In addition, after physical measurements (yield and quality parameters) of harvested lettuce, chemical analysis (macro-micro nutrients) were performed to determine the nutritional status of the plants.

According to the results, since vermicompost application was observed to reduce the rate of seed output this fertilizer seems to have a limited potential in seedling production. On the other hand, the use of vermicompost in soil is considered to be suitable for lettuce cultivation due to its positive effects. In general, it was determined that HTVC was more effective in terms of biological parameters than VC in both growing periods. Also, fertilizer addition to the seedling medium did not make a significant difference in lettuce production soil. In terms of soil chemical properties and plant mineral nutrition, it was determined that HTVC applications were more prominent in both growing periods. However, the yield and quality of the lettuce was affected

more positively with VC compared to HTVC. As a result, it was determined that heat treatment application did not adversely affect the chemical properties of fertilizer. On the contrary, it increased the amount of organic matter and some nutrients. Even though the heat treatment significantly negatively affected some of the biological parameters of vermicompost this is not reflected to soil fertility and plant growth. However, there have been signs that heat treatment may slightly suppresses the beneficial effect of vermicompost in terms of plant yield and quality. In this respect, it is understood that there is a need for new studies (molecular diversity and functional gene determination in vermicompost and soil, etc.) covering different plant, climate, soil type and growing period, which are concerned with effect of heat treatment both on vermicompost and plant production. In this way, its importance and place in maintaining and increasing soil fertility will be better understood.

KEYWORDS: Number of bacteria, Enzyme activity, Organic fertilizer, Vegetable cultivation, Soil fertility.

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa KAPLAN

Prof. Dr. Ali COŞKAN

Prof. Dr. Oğuz Can TURGAY

Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

Assoc. Prof. Dr. Halil DEMİR

ÖNSÖZ

Kimyasal gübre ve bitki koruma ilaçlarının kontrolsüz kullanımı sonucu topraklarda bir kirlilik sorunu ortaya çıkabilmekte ve bu durum aynı zamanda yüksek bitkilerde de kimyasal madde birikimine yol açabilmektedir. Böylece, hem insan sağlığı açısından ve hem de tarımın sürdürülebilirliği açısından istenmeyen bir durum oluşabilmektedir. İşte tam da bu noktada, sürdürülebilir tarımın ve gıda güvenliğinin destekçisi olan ve dünya genelinde günden güne tanınırlığı artan vermikompost adı verilen organik bir gübre karşımıza çıkmaktadır. Vermikompost, solucanlar tarafından üretilen ve içerisindeki yararlı mikroorganizmaların faaliyetleri ile toprak verimliliği ve bitki gelişimi üzerine çok önemli etkilerde bulunabilmektedir (Arancon vd. 2006). Bu çalışma ile tarımsal üretimde toprak verimliliğinin yanında fidenin elde edilmesinden serada yetiştirilmesine kadar vermikompost kullanımının fide gelişimi ve kalitesi, bitki gelişimi, verimi ve kalitesi ile bunlar arasındaki ilişkiler üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Ayrıca, ilgili mevzuat gereğince vermikompost üzerinde uygulanması zorunlu olan ısıtma işlem uygulamasının sera koşullarında bitki gelişimi ve toprak verimlilik parametrelerini hangi yönde ve düzeyde etkilediğinin araştırılması da bu çalışmanın diğer önemli bir amacını oluşturmaktadır.

Çalışma fide aşamasından itibaren vermikompost uygulamasının bitki üzerindeki etkilerini araştırdığından elde edilen sonuçlar konuyla ilişkili çevrelerin bilgilendirilmesi amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, bu çalışmanın vermikompost kullanımının ve üretiminin teşvik edilmesi açısından bir yarar sağlayabileceği de düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar, özellikle tarım ile ilgili kamu kurumları ve özel sektör firmaları tarafından referans olarak kullanılabilir. Bu arada özellikle ısıtma işlem uygulamasının yetiştiricilik aşamasındaki etkisinin tespit edilmesi bu uygulamanın bitkisel üretimdeki fayda-zarar noktasındaki pozisyonunu belirleyen önemli bir dayanak noktası olabilecektir. Böylece, vermikompostun ısıtma işlem ile ilgili mevzuat hükümlerinden muaf tutulup tutulmayacağı konusunda bilimsel bir referans ortaya konulabilecektir. Mikrobiyolojik açıdan vermikompost ile ilgili yapılan çalışmalar çoğunlukla gübrenin olgunlaşması esnasında mikrobiyal çeşitliliğin ve enzim aktivitelerinin değişimi ile gübrenin bitki koruma özelliği (baskılayıcı etkisi) üzerine yoğunlaşmış durumdadır. Dolayısıyla, bu çalışma ile vermikompostun özellikle ülkemiz topraklarının verimliliğine ve bitki gelişimine olan etkileri hususunda önemli bilgilere ulaşılması öngörülmektedir.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren, bilgi ve deneyimlerinden yoğun bir şekilde yararlandığım çok değerli hocam Doç. Dr. İlker UZ'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım. Laboratuvar çalışmalarında yakın desteğini gördüğüm Zir. Müh. Aylin ZAMBAK ÖZGÜR'e (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi), denemenin yürütülmesi ve analizlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Gör. Hüseyin OK'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi), Zir. Müh. Elif YANIK'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) ve Zir. Müh. Ayşe Nur ALKAN'a (Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi) teşekkürü bir borç bilirim. Samimi ve huzurlu bir ortamda çalışma imkanı sağlayan bölümümüzün çok değerli öğretim üyelerine ve asistan arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım. Ayrıca, çalışmamın arazi boyutu için test bitkisi eldesinde çok önemli katkıları olan Kırçami Fide Ltd. Şti. ailesinin tüm çalışanlarına özellikle de Nurten ve Türkan KAÇAR'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmamın başından sonuna kadar bana yardımlarını ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Gülsün TAVALI'ya, afacanlıklarıyla tüm yorgunluğumu unutturan ve motivasyonumu yükselten sevgili çocuklarım Selami ve Mustafa'ya, her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman haklarını ödeyemeyeceğim sevgili annem ve babam Zerrin ve Mustafa TAVALI'ya ve desteklerini hep yanımda hissettiğim kardeşlerim Emre TAVALI ve Merve TAVALI'ya sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
3. MATERYAL VE METOD	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Metod.....	17
3.2.1. Biyolojik analizler.....	17
3.2.2. Kimyasal analizler.....	19
3.2.3. Ölçüm ve hesaplamalar.....	21
3.2.4. İstatiksel analizler.....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Fide Yetiştiriciliği Aşamasında İncelenen Kriterler.....	22
4.1.1. Tohum çıkış oranı ve fide kalitesi.....	22
4.1.2. Fide yetiştirme ortamı.....	27
4.2. Serada Yetiştiricilik Aşamasında İncelenen Kriterler	34
4.2.1. Enzim aktiviteleri.....	34
4.2.2. Bakteri sayısı.....	76
4.2.3. Topraktaki mineral azot formları.....	84
4.2.4. Toprak pH ve EC değerleri ile makro-mikro element kapsamı.....	85
4.2.5. Marulun mineral beslenme durumu.....	92
4.2.6. Marulda verim ve kalite parametreleri.....	96
5. SONUÇLAR	101

6. KAYNAKLAR	103
7. EKLER	118
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Vermikompost Kullanımının Sera Koşullarında Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa var. crispata*)’da Toprak Verimliliği ile Fide Üretimi, Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

25/06/2019

İsmail Emrah TAVALI

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

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

Kısaltmalar

EC	: Elektriksel İletkenlik
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması
PNP	: p-Nitrofenil fosfat disodyum hexahidrat
PNG	: p-nitrofenil- β -D-glukosit
TPF	: Trifenil formazan
VK	: Vermikompost
IVK	: Isıl işlem görmüş vermikompost

DTPA	: Dietilentriaminpentaasetikasit
ICP	: İndüktif eşleşmiş plazma (Inductively Coupled Plasma)
KBÇ	: Kök boğazı çapı
BU	: Baş uzunluğu
YA	: Yaprak alanı
YS	: Yaprak sayısı
OBA	: Ortalama baş ağırlığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmanın fide yetiştiriciliği (A) ve serada yetiştiricilik (B) aşamalarından genel görünümeler.....	16
Şekil 4.1. Uygulamaların marul tohumlarının çıkış oranı ile fidelerin boyu ve gövde çapı üzerine etkileri (I: Birinci yetiştiricilik dönemi, II: İkinci yetiştiricilik dönemi).....	24
Şekil 4.2. Uygulamaların marul fidesinin yaş ağırlığı ve kök uzunluğu üzerine etkileri (I: Birinci yetiştiricilik dönemi, II: İkinci yetiştiricilik dönemi).....	25
Şekil 4.3. Uygulamaların marul fidesinin yetiştirme ortamı üreaz, alkali fosfataz ve β -glikosidaz enzim aktiviteleri üzerine etkileri (I: Birinci yetiştiricilik dönemi, II: İkinci yetiştiricilik dönemi).....	30
Şekil 4.4. Uygulamaların marul fidesinin yetiştirme ortamı dehidrogenaz, nitrifikasyon ve denitrifikasyon aktiviteleri üzerine etkileri (I: Birinci yetiştiricilik dönemi, II: İkinci yetiştiricilik dönemi).....	31
Şekil 4.5. Uygulamaların marul fidesinin yetiştirme ortamı dehidrogenaz, nitrifikasyon ve denitrifikasyon aktiviteleri üzerine etkileri (I: Birinci yetiştiricilik dönemi, II: İkinci yetiştiricilik dönemi).....	33
Şekil 4.6. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	35
Şekil 4.7. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	38
Şekil 4.8. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	42
Şekil 4.9. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	45
Şekil 4.10. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın β -glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine	

zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	49
Şekil 4.11. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağın β-glikosidaz aktivitesi (µg PNG g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	52
Şekil 4.12. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın dehidrogenaz aktivitesi (µg TPF g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	56
Şekil 4.13. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının dehidrogenaz aktivitesi (µg TPF g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	59
Şekil 4.14. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın nitrifikasyon aktivitesi (µg NO ₂ ⁻ -N g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	63
Şekil 4.15. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının nitrifikasyon aktivitesi (µg NO ₂ ⁻ -N g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	67
Şekil 4.16. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın denitrifikasyon aktivitesi (µg NO ₂ ⁻ -N g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	70
Şekil 4.17. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının denitrifikasyon aktivitesi (µg NO ₂ ⁻ -N g ⁻¹ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	74
Şekil 4.18. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın bakteri sayısı (kob g ⁻¹ kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da ⁻¹ ; A2: I.dönem, 2 t da ⁻¹ ; A3: I.dönem, 4 t da ⁻¹ ; B1: II.dönem, 0 t da ⁻¹ ; B2: II.dönem, 2 t da ⁻¹ ; B3: II.dönem, 4 t da ⁻¹).....	78

Şekil 4.19. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının bakteri sayısı (kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da^{-1} ; A2: I.dönem, 2 t da^{-1} ; A3: I.dönem, 4 t da^{-1} ; B1: II.dönem, 0 t da^{-1} ; B2: II.dönem, 2 t da^{-1} ; B3: II.dönem, 4 t da^{-1}).....81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme toprağının ve denemede kullanılan vermikompostların özellikleri	12
Çizelge 3.2. Isıl işlem görmüş (IVK) ve görmemiş (VK) iki farklı vermikompostun fide yetiştiriciliği ve serada yetiştiricilik aşamalarında uygulama dozları.....	14
Çizelge 4.1. Uygulamaların marul tohumlarının çıkış oranı ile fidelerinin bazı kalite parametreleri üzerine etkisi.....	26
Çizelge 4.2. Uygulamaların fide yetiştirme ortamının bazı enzim aktiviteleri ve bakteri sayısına etkisi.....	29
Çizelge 4.3. Uygulamaların fide yetiştirme ortamının pH ve EC'si üzerine etkisi.....	32
Çizelge 4.4. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	36
Çizelge 4.5. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	39
Çizelge 4.6. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	43
Çizelge 4.7. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	46
Çizelge 4.8. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın β -glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	50
Çizelge 4.9. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının β -glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	53
Çizelge 4.10. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	57
Çizelge 4.11. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	60
Çizelge 4.12. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine	

zamana bağlı etkisi.....	64
Çizelge 4.13. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	68
Çizelge 4.14. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	71
Çizelge 4.15. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi.....	75
Çizelge 4.16. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın bakteri sayısı (kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi.....	79
Çizelge 4.17. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının bakteri sayısı (kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi.....	82
Çizelge 4.18. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların NH_4^+ , NO_3^- ve NO_2^- kapsamları üzerine etkileri.....	85
Çizelge 4.19. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların pH ve EC ($\mu\text{S/cm}$)'si üzerine etkileri.....	86
Çizelge 4.20. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların toplam N (%) ve alınabilir P (mg kg^{-1}) kapsamları üzerine etkileri.....	88
Çizelge 4.21. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların değişebilir K (meq/100 g), Ca (meq/100 g) ve Mg (meq/100 g) kapsamları üzerine etkileri.....	89
Çizelge 4.22. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Fe ve Mn (ppm) kapsamları üzerine etkileri.....	90
Çizelge 4.23. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Zn (ppm) ve Cu (ppm) kapsamları üzerine etkileri.....	91
Çizelge 4.24. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin toplam N (%) ve P (ppm) içerikleri üzerine etkileri.....	93
Çizelge 4.25. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin K (%), Ca (%) ve Mg (ppm) içerikleri üzerine etkileri.....	94
Çizelge 4.26. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri (ppm) içerikleri üzerine etkileri.....	95

Çizelge 4.27. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin kök boğazı çapı (KBÇ), baş uzunluğu (BU), yaprak alanı (YA) ve yaprak sayısı (YS) üzerine etkileri.....98

Çizelge 4.28. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin ortalama baş ağırlığı (OBA) ve verimi üzerine etkileri.....99

1. GİRİŞ

Sebze üretiminin ilk basamağı iyi bir tohum ve bundan elde edilecek kaliteli fidedir. Hem verimi arttırmak hem de kaliteli bir ürün elde etmek için kaliteli bir fide ile üretime başlamak büyük önem arz etmektedir. Bunun içindir ki fidelerin bütün kısımlarının sağlıklı ve sağlam olması gerekmektedir. Ayrıca, pişkin ve kuru maddece zengin olan fidelerin tümü aynı büyüklükte ve gelişme hızında olmasında fayda vardır. Fidelerin çok fazla boylanması istenmez iken kalın ve kuvvetli olması istenmektedir. Fidenin kök sisteminin tam ve sağlam olması, üzerinde bir miktar toprak bulunması fazla genç veya fazla yaşlı olmaması önemlidir (Vural vd. 2000). Sebze fidesi yetiştiriciliği eskiye göre günümüzde fide üreten işletmeler eliyle gerçekleştirilmektedir. Bu işletmeler fideleri torf, perlit, vermikulit denilen organik ve inorganik ortamlar kullanarak yetiştirmektedirler. Kabaca tarif etmek gerekirse; torf fidenin köklenmesi ve beslenmesine yardımcı olurken perlit ve vermikulit tohumun bulunduğu torf ortamının sırasıyla hava ve nem dengesini sağlayarak çimlenmesine destek olmaktadır. Perlit ve vermikulit ülkemizde bol miktarda bulunduğundan bu materyaller kolaylıkla ve uygun fiyatlarla fideciler tarafından temin edilebilmektedir. Ülkemizde elde edilen torfların tuzluluk başta olmak üzere bazı fiziksel ve kimyasal içeriklerinin genellikle uygun olmaması sebebiyle fide yetiştiriciliğinde ithal torflar kullanılmaktadır. Bu torflar ülkemizden ciddi oranda döviz kaybına sebep olmaktadır. Oysa, torfa belli oranlarda karıştırılabilecek başka bir materyalin kullanılabilmesi durumunda bu materyal için ödenen döviz miktarında ciddi miktarlarda azalmalar olabilecektir (Denli 2015).

Toprakların aktif bir özelliği olarak verimlilik, toprakları değerli kılyorsa da onun değeri insanoğlu tarafından yeterince anlaşılammıştır. Dünya nüfusundaki hızlı artışa bağlı olarak artan gıda ve mesken talebi tarım arazilerinin hem imar marifetiyle azalmasına hem de azalan bu tarım arazilerinden yüksek verim almayı öngören tarımsal uygulamaların ön plana çıkmasına sebep olmaktadır. Bu sayede de toprak verimliliği kavramı daha fazla önem kazanmakta ve mutlak surette bu verimliliğin korunması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Toprak verimliliği ilgili iklim koşulları, toprağın humus içeriği, strüktür, tekstür, mineral madde zenginliği ile mevcut mikrobiyolojik aktivitenin hem ayrı ayrı hem de birlikte etkileri sonucu ortaya çıkan aktif bir özelliktir (Çengel 2006). Bu bağlamda bir toprakta ürün artışı hedefleniyorsa bu aktif özelliğin artırılması veya en azından belli bir düzeyde korunması gerekmektedir. Toprak verimliliği ile toprağın barındırdığı organizma sayısı arasında normal şartlarda daima pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Bunun içindir ki toprakların verimlilik yönünden karakterize edilmesinde onların barındırdıkları organizmaların tür zenginliği ile bunların sayıları önemli bir ölçü olarak kabul edilmektedir. Bu alanda yapılan birçok çalışma toprağın ürün verim gücü ile mikrobiyal aktivitesi arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğunu göstermektedir (Fraser vd. 1988; Kirckner vd. 1993; Smith vd. 1993; Borken vd. 2002). Diğer yandan, mikrobiyolojik analizler vasıtasıyla toprağın verim gücünün saptanmasında bu organizma gruplarının faaliyetleri büyük önem taşımaktadır. Toprak mikroorganizmalarından olan bakteriler toprakta meydana gelen pek çok kimyasal değişimin içinde aktif rol almaktadırlar. Özel olarak da bitki gelişmesi için gerekli olan azot ve karbon gibi besin elementlerinin döngüsünde görev aldıkları için toprak verimliliğinin önemli unsurlarıdır (Tavali 2011).

Toprakların mikrobiyal varlık ve aktivitesine dayalı verimlilik durumunun saptanması amacıyla toprağın genel mikrobiyal varlığının belirlenmesi yanında farklı

karbon ve enerji kaynaklarına göre spesifik mikroorganizma gruplarının sayılması ve/veya izole edilmesi yöntemleri kullanılabilir. Bu yöntemler ile toprakların verimlilik durumları ile ilgili önemli ipuçları elde edilebilmektedir (Arcak ve Haktanır 1994). Bunun yanında, toprak enzim aktivitesi analizleri de toprak verimliliğinin belirlenmesinde etkin bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Toprakların toplam biyokimyasal aktivitesi enzimler tarafından katalizlenen bir seri reaksiyonu kapsamaktadır. Bu reaksiyonlar yaşayan veya ölü organizmalar içinde olabildiği gibi ekstraselüler (hücre dışı) enzimler tarafından da yürütülebilir. Topraktaki enzimlerin çok büyük bir kısmı canlı toprak mikroorganizmalarının (çoğunlukla bakteriler) C, N, P, S gibi besin maddelerini bağlı bulunduğu organik yapıdan koparmak amacıyla hücre dışına salgıladıkları ekstraselüler enzimler ile bu mikroorganizmaların ölümünden sonra otoliz ile kısmen veya tamamen serbest hale gelerek toprağa karışmış enzimlerdir. Yapılan araştırmalar enzim aktiviteleri ile toprak verimliliği arasında güvenilir bir ilişki olduğunu göstermiştir (Nannipieri vd. 1978; Parkinson ve Coleman 1991; Uz ve Tavalı 2014). Dolayısıyla, toprakta organik materyallerin parçalanması, humus oluşumu ve besin döngülerini bu enzimler ile yönlendiren toprak mikroorganizmaları toprak verimliliğini belirleyen en önemli unsurlardan biridir (Kale vd. 1987).

İçerisinde bulunan yararlı mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu ortaya çıkan metabolitler sayesinde uygulandığı bitkisel üretim alanında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerine çok çeşitli olumlu etkilerde bulunan vermikompost son yıllarda büyük ilgi görmekte ve birçok bilimsel çalışmaya konu olmaktadır. Vermikompost esas itibari ile organize bir tarımsal üretim sisteminde atıkların solucanlar tarafından kaliteli ve çok özel bir gübreye dönüşümünün adıdır (Aira vd. 2008). Ülkemizde gübrenin etki şeklinin biyolojik olduğu tam olarak kavranmamış olduğundan bu özel gübre sıradan bir organik gübre muamelesi görmektedir. Hatta yazılı ve görsel basında çıkan haberler yüzünden tarım sektörü ile hiç alakası olmayan çevreler tarafından sadece para kazanılacak bir yatırım aracı olarak görülmektedir. Maalesef hala bitkisel üretim yapan çiftçilerimiz tarafından da üretilmemektedir. İşte bu perspektifte bu gübrenin uluslararası ve ulusal literatürde çalışılmaya devam edilmesi ile özellikle toprakların verimliliklerinin artırılmasında çok değerli işlevleri olan vermikompostun önemi daha iyi anlaşılacaktır.

Vermikompost oluşumu sırasında solucan bağırsağından geçen organik materyal özgün bağırsak mikroflorası ve enzimlerce zenginleşmekte, materyalde bulunan bitki besin maddeleri nispeten daha kullanılabilir formlara dönüştürülmektedir. Materyalde bulunan bitki ve hayvan patojenleri de bu aşamada büyük oranda bertaraf edilmektedir. Elde edilen vermikompost gözenekli yapıda ve hafif bir materyaldir. Toprağa uygulandığında ilk olarak toprağın fiziksel özellikleri ve ardından da biyolojik ve kimyasal özellikleri üzerinde olumlu etkilerini göstermektedir (Arancon vd. 2003). Buradaki can alıcı nokta vermikompostun biyolojik etkisidir. Gübre içerisindeki benzersiz özellikteki mikroorganizmalar bitki köküne hemen yerleşerek kökü tamamen kaplayacak şekilde gelişim gösterirler. Bu ön kolonici mikroorganizmalar çeşitli antibiyotikler üreterek toprak kökenli patojenlerin (*Fusarium spp*, *Verticillium spp*. vb) köke yaklaşmasını engellemektedirler (Lakshmanaperumalsamy vd. 2003). Yine bu mikroorganizmalar salgıladıkları enzimler ile toprakta yarayışsız konumdaki başta fosfor olmak üzere birçok besin elementini bitkinin kullanımına sunmaktadırlar. Ayrıca, bu mikroorganizmaların oksin, sitokinin, giberilik asit gibi bitki gelişim düzenleyici maddeler salgılayarak bitkinin kök, sürgün gelişimi ile tohum çimlenmesi ve meyve

tutumuna doğrudan etkide bulunduğu da bilinmektedir (Azarmi vd. 2008). Diğer bir ifade ile vermikompostun sağladığı faydalar genel olarak toprak biyolojisi üzerine yaptığı etkilerden kaynaklanmaktadır. Vermikompost genel olarak patojen içermemektedir (Edwards ve Bohlen 1996). Buna rağmen, ilgili mevzuat gereği tüm organik gübre ve kompost ürünleri gibi vermikompostun da ısıl işleme tabi tutulma zorunluluğu bulunmaktadır. Vermikompostun bitkisel üretimdeki olumlu etkisinin temel olarak mikrobiyolojik yoldan olduğu göz önüne alındığında ısıl işlemin vermikompostun faydalı etkilerini sınırlayabilecek bir uygulama olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde ısıl işlemin vermikompost üzerine olumsuz etkilerini inceleyen tek çalışma Boran (2015) tarafından yapılmıştır ve vermikompostun mikrobiyal varlığının ve aktivitesinin ısıl işlem ile önemli oranda düştüğü gösterilmiştir. Bununla birlikte, ısıl işlem uygulanmış ve uygulanmamış vermikompostun tarla koşullarında bitki gelişimine ve toprağın biyolojik parametrelerine etkilerini inceleyen ülkemizde yapılmış herhangi bir çalışma mevcut değildir. Ayrıca, vermikompost kullanımının fide üretimi aşamasından başlayarak tarlada (örtüaltında) bitki gelişimi, verim ve kalitesi ile toprak verimliliği üzerine etkilerini inceleyen çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır.

Bu çalışma, vermikompostun (ısıl işlem görmüş ve görmemiş) serada marul yetiştiriciliğinde toprak verimliliği ile fide gelişimi-kalitesi ve marul gelişimi-verimi-kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi adımlarını kapsamaktadır.

2. KAYNAK TARAMASI

Uluslararası ve ulusal literatür incelendiğinde vermikompost ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunluğu vermikompostun oluşumu sırasında bu materyaldeki enzim ve mikrobiyal aktivitedeki değişimler, vermikompostun gelişimi ve verim üzerine olan etkisi ve bu materyalin bitki hastalıklarını baskılama özelliği (bitki sağlığı) üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, toprak enzim aktivitesi ve bakteri sayısı gibi toprağın mikrobiyal varlığı ve aktivitesini yansıtan özellikler üzerinde vermikompostun etkisini inceleyen çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır (Tavali 2011; Boran 2015). Toprakta organik materyallerin parçalanması, humus oluşumu ve besin döngülerinin mikroorganizmalarca yürütüldüğü ve bunun toprak verimliliğini belirleyen en önemli unsurlardan biri olduğu da göz önüne alındığında, vermikompost uygulamalarının toprağın mikrobiyal varlığı ve aktivitesi üzerindeki etkilerinin de incelenmesi gerekmektedir. Öte yandan, vermikompostun fide yetiştiriciliği ve/veya arazide bitki yetiştiriciliği aşamalarında kullanılmasına ilişkin çalışmaların uluslararası literatürde çok kısıtlı olduğu görülmektedir. Dahası, vermikompostun ülkemiz şartlarında bitkilerin beslenmesi ve ürün üzerine olan etkileri konusunda yayınlanmış çalışmalar da halen sınırlıdır (Çıtak vd. 2011; Uz ve Tavali 2014; Maltaş vd. 2017).

Enzimler toprak verimliliği üzerine etki yaptıklarından dolayı bir toprakta çeşitli enzim aktivitelerinin tayini suretiyle o toprağın verimlilik derecesi hakkında bir fikir edinmek mümkündür. Her tarım toprağında o toprağa özgü bir enzim aktivite seviyesi vardır. Enzimlerin aktivite 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 aktivitesini düşürebilmektedir (Ünal 1967). Dünya genelinde araştırmacılar tarafından toprak enzimleri konusunda çok çeşitli 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 periyot içinde tekrarlanan inorganik N uygulamalarının toprakta β -glukosidaz 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 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 P₂O₅/da) uygulaması yapılmış toprak örneklerinde substrat konsantrasyonunun 15 mM'dan 70mM'a yükseltilmesi ile pirofosfataz enzim aktivitesinde artış olduğunu, gübreli ve gübresiz toprak örneklerinde 70 mM üzerindeki substrat konsantrasyonlarında reaksiyon hızının azalma gösterdiğini, yüksek substrat konsantrasyonun 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 P₂O₅ 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.

Toprağın nitrifikasyon aktivitesi ile verimlilik potansiyeli arasında pozitif bir korelasyon mevcut olduğundan toprak laboratuvarlarında nitrifikasyon aktivitesinin belirlenmesi çok sık yapılmaktadır (Li vd. 2014). Toprakta nitrifikasyon aktivitesi ile ilintili çalışmaların genel olarak gübreleme materyallerinin (organik, kimyasal) topraktaki nitrifikasyon bakteri varlığı ve nitrifikasyona etkisi ile bitki yetiştirilen topraktaki amenajmanın (özellikle gübreleme, otlama vasıtasıyla gübreleme ve sulama) nitrifikasyon bakterileri ve nitrifikasyon aktivitesi üzerine etkileri şeklindeki önemli başlıkları kapsadığı gözükmektedir. Chu vd. (2007) tarafından uzun süreli (16 yıl) organik ve kimyasal gübreleme altındaki topraktaki amonyum okside edici bakterilerin (AOB) topluluk yapısındaki değişimlerin incelendiği çalışma ile; AOB kominitesi PK'lı gübrelemeye göre N'lu gübrelemeden daha fazla etkilenmiş ve N'lu gübreleme sonucunda *Nitrosospira cluster 3* toprakta baskın duruma gelmiştir. Bu sonuçlar göstermiştir ki uzun süreli N'lu gübreleme topraktaki AOB sayısını ve nitrifikasyon aktivitesini arttırmaktadır. Benzer olarak, Wessen vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, bakteriyel amonyum okside edicilerin deneme toprağında potansiyel nitrifikasyon ile yakından ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Yine, Shen vd. (2014) tarafından farklı tarım topraklarına dışarıdan uygulanan N'un topraktaki amonyum okside edicilerin varlığı ile nitrifikasyon aktivitesi durumu karşılaştırmalı olarak incelenen çalışma sonucunda; kısa süreli amonyumlu gübreleme sonrası alkali ve nötr reaksiyonlu toprağın amonyum oksidasyon kapasitesinin asit reaksiyonlu toprakta daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çeşitli organik ve inorganik gübreleme materyallerinin nitrifikasyon bakterileri ve aktivitesine pozitif katkılar sağladığını bildiren çalışmalar literatürde mevcuttur. Sher vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada; organik gübre uygulaması ile topraktaki amonyum dönüştüren bakterilerin (AOB) varlığı ve çeşitliliği izlenmiştir. Sonuç olarak; toprak yüzeyindeki AOB'nin oldukça fazla olduğu, derinlere gidildikçe sayılarının azaldığı, bu bakterilerin varlığının toprağın gözeneklilik, su miktarı, amonyum konsantrasyonu ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki organik gübre uygulanan üst topraktaki nitrat akümüasyonu aerobik nitrifikasyon neticesinde meydana gelmektedir. Song vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada, alkali reaksiyonlu toprağa anız biocharı farklı oranlarda ilave edilerek topraktaki AOB gelişimi izlenmiştir. Sonuçlara göre; biochar uygulamasının genel olarak topraktaki amonyum okside edicilerin varlık ve kompozisyonunu önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Tsiknia vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada zeytin atık suyu ilavesi ile topraktaki N döngülerinin durumu izlenmiştir. Sonuç olarak; zeytin atık suyu uygulamasının toprağın potansiyel nitrifikasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. Wang vd. (2014) tarafından hayvan gübresi uygulamasının toprakta amonyum okside edici topluluğa ve potansiyel nitrifikasyona olan etkileri izlenmiştir. Sonuçta; gübre uygulanmış toprağın AOB popülasyonunun arttığı ve potansiyel nitrifikasyonun da gübrelenen toprakta artış gösterdiği tespit edilmiştir. Chinnadurai vd. (2014) yaptıkları çalışmada, uzun süreli organik ve inorganik gübrelemenin topraktaki bakteriyel topluluğa ve toprak biyokimyasal proseslerine olan etkileri incelenmiştir. Sonuçlara göre; organik gübrelemenin toprakta fiksasyonu arttırdığı, diğer taraftan inorganik gübrelemenin ise nitrifikasyonu hızlandırdığı belirlenmiştir. Farklı olarak, Florio vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada toprağa büyükbaş hayvan gübresi ile kombine olarak nitrifikasyon inhibitörü olan 3,4-dimetilpirazol fosfat (DMPP) ilave edilmiş ve sonuçta; bakteriyel hücrelerden farklı biyokimyasal metabolitler salgılanmasına rağmen DMPP'nin amonyum okside edici bakteriyel mikroorganizmaların faaliyetini inhibe ettiği tespit edilmiştir. Bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi ağır metallerin nitrifikasyona etkisini konu alan çalışmalarda ise Li vd. (2014) tarafından Cu ile kirlenmiş topraklarda potansiyel nitrifikasyon analizleri yapılarak ağır metal kirliliğinin mikrobiyal topluluk üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuçta; mikrobiyal topluluğun toksik bakır düzeylerinden çok fazla etkilenmediği bu durumda mikrobiyal topluluğun dayanıklılığının arttığı tespit edilmiş iken Vasileiadis vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise toprak nemi azaldığında AOB'nin azalma gösterdiği, Zn konsantrasyonlarının artması ile de potansiyel nitrifikasyon oranının olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir.

Bitkisel üretim amenajmanı uygulanan topraktaki nitrifikasyon aktivitesi ve bundan sorumlu bakterilerin durumunu inceleyen çalışmalarda; çeltik tarımı yapılan alanlar özelinde Li vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada çeltik toprağındaki amonyum okside edici bakterilerin (AOB) mineral N karşısındaki aktiviteleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; çeltiğin kökündeki hücreler AOB'nin gelişimini istatistiksel olarak önemli ölçüde teşvik etmiş ve çeltik rizosferindeki *Nitrosospira* spp.'nin varlığının ve potansiyel nitrifikasyonun arttığını tespit etmişlerdir. Wang vd. (2014) çeltik toprağına farklı organik ve kimyasal gübre uygulamalarının topraktaki potansiyel nitrifikasyon oranına etkisini incelenmişler ve AOB'nin besince fakir alt toprak katmanına adaptasyonunun iyi olmadığını ve bu durumda da bu katmandaki nitrifikasyonun azaldığını tespit etmişlerdir. Jiang vd. (2013) çeltik vejetasyonu altındaki toprağın mineralizasyon, nitrifikasyon ve AOB topluluğundaki

değişimler incelenmiştir. Sonuç olarak; AOB topluluğunun amonyumlu gübreleme ile artış gösterdiği, ayrıca, topluluğun nitrifikasyona pozitif etkisinin olduğu da belirlenmiştir. Meyve bahçesi toprağına yapılan gübre uygulamasının topraktaki amonyum okside edici aktivite ve topluluk yapısı üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada ise gübrelenen toprakta AOB varlığının dominant olduğu, üre ile birlikte kompost uygulamasının AOB kaynaklı nitrifikasyonu arttırdığı belirlenmiştir (Strauss vd. 2014). Dolaylı gübrelemenin yoğun olduğu otlak alanları (çayır-mera) konulu çalışmalara göre Hartmann vd. (2013) iki farklı otlak alanında farklı iklim ve amenajman altında 3 yıllık tarla denemesinde yaz kuraklığında topraktaki azot döngüsünün durumunu incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; kuraklığın potansiyel nitrifikasyon ve denitrifikasyon aktivitesi (DEA) üzerine az bir etkisinin olduğu görülmüştür. Zhong vd. (2014) Kuzey Çin’de otlak alanında büyükbaş hayvan otlatmanın nitroz oksit salınımına etkisi ve hayvan otlatma ile nitroz oksit salınım potansiyeli konumundaki mikrobiyal fonksiyonel genlerin ilişkisini araştırmışlardır. Sonuçlara göre; toprak neminin nitroz oksit salınımını kontrol etmede en önemli faktör olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, hayvan otlatma ile artan nitrifikasyon ile nitroz oksit salınımı arasında pozitif korelasyon belirlenmiştir. Öte yandan, ekstrem koşullara sahip Omani çölünde aşırı tuz içeren sulak alanda azot döngüsü izlenmiştir. Bu ortamda amonyum oksidasyonunun *gammaproteobakteri* tarafından, denitrifikasyonun ise *Rhizobiales* tarafından kontrol edildiği tespit edilmiştir (Abed vd. 2015).

Denitrifikasyon ya da nitrat solunumu, nitrat ve nitrit bileşiklerinin, anaerobik koşullarda mikroorganizmalar tarafından redüksiyona uğratarak elementer azota dönüştürülmesi olayıdır. Azotun elementer hale geçerek atmosfere geri dönmesi kayıp olarak değerlendirildiği için topraktaki denitrifikasyon miktarının belirlenmesi o toprağın verimlilik durumunun ortaya konmasında önemli bir veri olarak kullanılmaktadır (Kale vd. 1987). Araştırmacılar tarafından günümüz koşullarında yapılan çalışmalar incelendiğinde; bitki yetiştirilen alanda denitrifiye edici bakteri topluluğunda ve buna bağlı denitrifikasyon aktivitesinde meydana gelen değişimler ile toprak fiziksel, kimyasal özelliklerindeki farklılıklar ve gübreleme materyali olarak toprağına ilave edilen organik-inorganik maddelerin denitrifikasyon aktivitesinde meydana getirdiği değişimleri kapsayan çalışmaların ön planda olduğu görülmektedir. Bitkili çalışmalarda mısır ve şeker kamışı gibi endüstri bitkilerinin rizosferi ile kök bulunmayan toprak alanında denitrifikasyon durumunu konu alan çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Nitekim, Philippot vd. (2006) uzun süreli tarla denemesi şeklinde yürütülen çalışmada transgenik olmayan 3 farklı mısır vejetasyonu altındaki normal toprak ve rizosfer toprağındaki nitrat indirgeyici topluluğun aktivitesini incelemişlerdir. Sonuçta; topluluk yapısında normal toprak ile rizosfer toprağı arasında farklılık tespit edilmemiş iken nitrat redüktaz aktivitesinin rizosfer toprağında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Rachid vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada şeker kamışı vejetasyonu altındaki toprakta bakteriyel topluluktaki değişimler izlenmiştir. Sonuç olarak; şeker kamışı yetiştirilen toprağın bakteriyel topluluk yapısının bitki yetiştirilmeyen toprağına göre önemli ölçüde farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan, bu vejetasyonun toprakta nitroz oksit salınımını arttırıcı etkide olmadığı da belirlenmiştir.

Toprak özellikleri (fiziksel-kimyasal) ve gübreleme materyali uygulaması ile denitrifikasyon arasındaki ilişkilerin konu edildiği çalışmalar incelendiğinde; Cuhel vd. (2010) tarafından toprak pH’sının N₂O ve N₂ emisyonları, denitrifikasyon aktivitesi ve

denitrifiye edici topluluğun değişimi üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; pH düşüklüğünün $N_2O/(N_2O+N_2)$ oranında artışa sebep olduğu, potansiyel denitrifikasyonun bakteri topluluğu ile yakın ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Qin vd. (2013) tarafından topraktaki denitrifikasyon aktivitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan asetilen inhibasyon tekniği ile tespit edilen nitroz oksit salınımı ile toprak özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonuçta, toprak tekstürü ve besin içeriği ile denitrifikasyon aktivitesi arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak peat kullanılan çalışmada ise 2 farklı süs bitkisi yetiştiriciliği altındaki toprakta denitrifikasyon izlenmiştir. Sonuçlara göre; topraktan salınan nitroz oksit açısından bitki çeşidi ile toprağın denitrifikasyon kapasitesi arasında önemli bir ilişki tespit edilmemiştir (Anger ve Schenk 2005). Gübreleme materyallerinin başrolde olduğu çalışmalarda ise Peterson vd. (2013) tarafından 2 farklı derinlikteki toprağa (yüzeysel ve derin) çözdürülmüş organik C ilavesi yapılarak topraktaki denitrifikasyon değişimi izlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; organik C uygulaması ile derin topraktaki potansiyel denitrifikasyon aktivitesinin yüzeysel toprağına göre önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde, Enwall vd. (2005) tarafından uzun süreli organik ve inorganik gübrelemenin toprakta denitrifiye edici mikrobiyal topluluk yapısı ve aktivitesi ile toplam bakteriyel topluluk üzerine etkisinin incelendiği çalışma sonuçlarına göre; mineral gübrelemeye göre organik gübrelemenin potansiyel denitrifikasyon oranını daha fazla arttırdığı, amonyum sülfat ve arıtma çamuru uygulamasının topluluk yapısına önemli etkide bulunduğu tespit edilmiştir. Yine, Cheneby vd. (2010) tarafından yonca ve buğday atıklarının toprağına uygulanmasından sonra topraktaki redükte edici topluluğun değişimi 11 ay boyunca izlenmiştir. Sonuç olarak; potansiyel nitrat redüksiyonunun karbon yarayışlılığı ve sıcaklık tarafından kontrol edildiği, bitki artıklarının nitrat redükte edici topluluğına önemli etkide bulunduğu ancak bu etkilerinin bir süreliğine devam ettiği tespit edilmiştir.

Vermikompost ve diğer gübreler (organik, inorganik) kullanılarak yapılan bitkisel üretimde bitki sağlığı-bitki verimi ve kalitesini konu alan birçok çalışma yapılmıştır. Benitez vd. (2000) yaptıkları çalışmada zeytinyağı fabrikası atıklarının vermikompostunu biber yetiştirilen toprağına 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 vermikompost 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 vermikompost uygulaması ile arttığını tespit etmişlerdir. Bezelye ve mısır yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Kumari ve Ushakumari (2002) yaptıkları bir çalışmada gübre olarak kaya fosfatla zenginleştirilen vermikompost 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 vermikompost ve kimyasal gübre kullanılmış, en iyi bezelye verimini vermikompost (10 t/ha) ve NPK (25: 60: 50 kg/ha) uygulamasının sağladığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan, Gopal vd. (2010) hindistan cevizi yapraklarından elde ettikleri vermikompostu toprağına 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 vermikompost ile birlikte çiftlik gübresi ve kimyasal gübreyi (200 kg N/ha) beraber uygulamışlar ve topraktaki gözeneklilik, enzim aktiviteleri ve CO₂ üretiminin yanı sıra mısır veriminin de arttığını bildirmişlerdir. Jat ve Ahlawat (2006) tarafından yapılan çalışmada ise şeker mısır yetiştirmek için 3 t/ha vermikompost 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 vermikompostu uygulaması ile fosfataz, katalaz, invertaz ve üreaz gibi enzim aktivitelerinin arttığını, buna karşın kimyasal gübreleme ile toprak enzim aktivitelerinin azalmasına rağmen P ve K miktarının 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 10t/ha) 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 olduğu belirtilmiştir. Domates yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Azarmi vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada tarla domatesi yetiştirilen toprağa 15 t/ha vermikompost uygulanmış ve toprağın organik karbon, toplam N, P, K, Ca, Zn ve Mn içeriği, EC ve toplam gözenekliliğinin 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 vd. (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 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 vd. (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 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 kestin sorgum bitkisinin gelişimi üzerine etkisini inceledikleri bir denemede çeltik kavuzu vermikompostununun 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 gübrelere kıyasla vermikompost ekstraktı uygulamasının bitki bünyesinde oluşan fenolik maddeleri sınırladığını belirtmişlerdir. Preetha vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada ise toprağa farklı miktarlarda vermikompost ve kimyasal gübre uygulanmış ve 5 t/ha vermikompost ile birlikte 50: 50: 50 kg/ha NPK uygulamasının en iyi vejetatif gelişim ve besin alınımını sağladığı tespit edilmiştir. Sinha vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise vermikompost uygulanmış topraktaki hümit 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 fikse edici bakteri kolonilerinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir.

Fasulye, fesleğen ve çim bitkisi yetiştiriciliği ile ilgili olarak; Manivannan vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada sırik fasulye yetiştirilen kil bünyeli toprağa 5 t/ha vermikompost uygulanmış ve bu uygulama ile toprağın gözenekliliğinin, yarayıslı 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 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.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Deneme alanı toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneme kurulmadan önce 0-30 cm derinlikten toprak burgusu ile 1 adet toprak örneği alınarak bu örnekte fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler yapılmıştır. Yine, çalışmada kullanılan farklı özellikteki vermikompostlar içeriklerinin belirlenmesi amacıyla analizlere tabi tutulmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deneme toprağının ve denemede kullanılan vermikompostların özellikleri

Özellik	Toprak	Vermikompost (VK)	Vermikompost (IVK)
pH (1:2.5 su)	7.64	7.46	7.36
EC (1:2.5 su) $\mu\text{S cm}^{-1}$	124	1300	1408
Kireç (%)	11.32	-	-
Kum (%)	24.14	-	-
Kil (%)	45.82	-	-
Silt (%)	30.04	-	-
Organik madde (%)	1.52	46.98	48.15
Organik C (%)	-	22.25	27.93
Porozite (%)	-	45	45
Toplam N (%)	0.086	1.5	1.8
C/N	10/1	18/1	16/1
P (mg kg^{-1})	14.43	8960	9800
K (mg kg^{-1})	155	8550	8600
Ca (mg kg^{-1})	2226	26600	23700
Mg (mg kg^{-1})	160	9100	9000
Mn (ppm)	7.98	386	439
Zn (ppm)	1.27	59.17	62.94
Cu (ppm)	0.49	51	53
Fe (ppm)	1.65	511	1391
Üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+ \text{-N saat}^{-1}$)	15.80	213.54	196.96
Alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP saat}^{-1}$)	12.79	203.15	191.98
β -glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG saat}^{-1}$)	5.83	151.92	149.79
Dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF saat}^{-1}$)	0.18	76.16	15.23
Nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N saat}^{-1}$)	0.69	26.03	5.87
Denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N saat}^{-1}$)	6.51	9.10	31.32
Bakteri sayısı (kob/g^{-1})	1.3×10^6	1.9×10^8	5.0×10^4

Deneme alanı, süresi ve dönemi

Bu çalışma, güz (I.dönem) ve bahar (II.dönem) yetiştiriciliği olmak üzere iki dönem arka arkaya olacak şekilde yürütülmüştür. Her bir yetiştirme dönemi ise 2 aşamalı (fide yetiştiriciliği ve serada yetiştiricilik) olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada bir fide üretim tesisinde fide yetiştiriciliği, ikinci aşamada ise Akdeniz Üniversitesi kampüsü içerisindeki Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde serada yetiştiricilik yapılmıştır. Her yetiştiricilik dönemi için yaklaşık 40 gün fide yetiştiriciliği (I.dönem: 15 Eylül–24 Ekim 2017; II.dönem: 2 Ocak–12 Şubat 2018) ve yaklaşık 70 gün de bitki yetiştiriciliği (I.dönem: 24 Ekim–30 Aralık 2017; 12 Şubat–21 Nisan 2018) yapıldığından toplamda yaklaşık 4 ay örtüaltında yetiştiricilik yapılmıştır. Fide yetiştiriciliğinden itibaren olmak üzere farklı zamanlarda bitki ve toprak örneklemeleri ile ölçüm, hesaplama ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Gübreleme materyali

Araştırmada gübreleme materyali olarak vermikompost kullanılmıştır. Piyasadan hazır olarak temin edilen vermikompostlar mevzuat gereği patojen barındırmaması adına ısıtılardan geçirilmektedirler. Ancak, vermikompostun ısıtılardan geçirilmesi sonucunda içerisindeki faydalı mikroorganizma sayısında çok önemli düşüşlerin olduğu bilinmektedir (Boran 2015). Isıtılmanın etkisini belirlemek amacıyla çalışmada hem ısıtılardan görmüş vermikompost (IVK) hem de ısıtılardan görmemiş vermikompost (VK) kullanılmıştır. Diğer taraftan, Denli (2015) tarafından bildirildiğine göre marul yetiştiriciliği için toprağa verilmesi gereken saf besin maddesi miktarları sırasıyla 20 kg da⁻¹ N, 12 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 20 kg da⁻¹ K₂O'dur. Buna göre, parsellere deneme toprağının besin içeriği de dikkate alınarak 50 kg da⁻¹ olacak şekilde 15.15.15 kompoze gübresi uygulanmıştır. Böylece, kontrol parsellerindeki bitkilerin temel gelişimi, denemenin esas konusu olan vermikompost uygulamalarının etkisini gözlemleyecek şekilde temin edilmiştir.

Fide harcı

Fideliklerde rutin olarak kullanılan tohum çimlendirme ortamları torf, perlit ve vermikulittir. Bu materyallerin birbirlerine oranı sırasıyla 3:1:1 olarak fide harcı hazırlanmıştır. Ayrıca, fide yetiştirme ortamına aşağıda belirtilen oranlarda olmak üzere hem ısıtılardan görmüş hem de görmemiş olan vermikompostlar karıştırılmıştır. Bu şekilde elde edilen fideler, denemenin sonraki aşamasında örtüaltı yetiştiriciliği için test bitkisi olarak kullanılmışlardır.

Deneme konusu

Çalışmanın ana deneme materyali konumundaki vermikompost, fide yetiştirme aşamasında yetiştirme harcına (ortamına) ilave edilmişken serada yetiştiricilikte ise parsellere uygulanmıştır (Çizelge 3.2). Bu bağlamda, çalışmanın konuları şu şekildedir:

Fide yetiştiriciliği için yetiştirme ortamına uygulama: 2 farklı özellikteki vermikompost (IVK, VK) x 3 tekrerr x 3 farklı karışım oranı (%0-kontrol, %30, %60) = 18 viyol

Serada yetiştiricilik için parsellere uygulama: 2 farklı özellikteki vermikompost (IVK, VK) x 3 farklı karışım oranında gelişmiş fide (%0-kontrol, %30, %60) x 3 tekrerr x 3 farklı gübre dozu (0-kontrol, 2, 4 t da⁻¹) = 54 parsel

Sera denemesinde dekara (parsellere) uygulanan vermikompost dozları daha önce, Tavalı vd. (2013), Tavalı vd. (2014) ve Uz vd. (2016) tarafından benzer koşullarda yapılan çalışmalarda bildirilen sonuçlara göre belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Isıl işlem görmüş (IVK) ve görmemiş (VK) iki farklı vermikompostun fide yetiştiriciliği ve serada yetiştiricilik aşamalarında uygulama dozları

Uygulama	İçeriği ve Dozu
Fide yetiştiriciliği aşaması	
K	Kontrol: %0 VK, IVK + %100 fide harcı (torf:vermikulit:perlit, 3:1:1)
VK30	%30 VK + %70 fide harcı (torf:vermikulit:perlit, 3:1:1)
VK60	%60 VK + %40 fide harcı (torf:vermikulit:perlit, 3:1:1)
IVK30	%30 IVK + %70 fide harcı (torf:vermikulit:perlit, 3:1:1)
IVK60	%60 IVK + %40 fide harcı (torf:vermikulit:perlit, 3:1:1)
Serada yetiştiricilik aşaması	
K	Kontrol: 0 t da ⁻¹ VK, IVK (15.15.15: N.P.K uygulaması, VK ve IVK yok)
VK0/30	0 t da ⁻¹ VK + %30 VK (sadece fide ortamına tek başına VK uygulaması)
VK0/60	0 t da ⁻¹ VK + %60 VK (sadece fide ortamına tek başına VK uygulaması)
VK2/0	2 t da ⁻¹ VK + %0 VK (sadece toprağa tek başına VK uygulaması)
VK2/30	2 t da ⁻¹ VK + %30 VK (toprağa ve fide ortamına VK'lı birleştirme uygulama)
VK2/60	2 t da ⁻¹ VK + %60 VK (toprağa ve fide ortamına VK'lı birleştirme uygulama)
VK4/0	4 t da ⁻¹ VK + %0 VK (sadece toprağa tek başına VK uygulaması)
VK4/30	4 t da ⁻¹ VK + %30 VK (toprağa ve fide ortamına VK'lı birleştirme uygulama)
VK4/60	4 t da ⁻¹ VK + %60 VK (toprağa ve fide ortamına VK'lı birleştirme uygulama)
IVK0/30	0 t da ⁻¹ IVK + %30 IVK (sadece fide ortamına tek başına IVK uygulaması)
IVK0/60	0 t da ⁻¹ IVK + %60 IVK (sadece fide ortamına tek başına IVK uygulaması)
IVK2/0	2 t da ⁻¹ IVK + %0 IVK (sadece toprağa tek başına IVK uygulaması)
IVK2/30	2 t da ⁻¹ IVK + %30 IVK (toprağa ve fide ortamına IVK'lı birleştirme uygulama)
IVK2/60	2 t da ⁻¹ IVK + %60 IVK (toprağa ve fide ortamına IVK'lı birleştirme uygulama)
IVK4/0	4 t da ⁻¹ IVK + %0 IVK (sadece toprağa tek başına IVK uygulaması)
IVK4/30	4 t da ⁻¹ IVK + %30 IVK (toprağa ve fide ortamına IVK'lı birleştirme uygulama)
IVK4/60	4 t da ⁻¹ IVK + %60 IVK (toprağa ve fide ortamına IVK'lı birleştirme uygulama)

Test bitkisi, deneme ortamı, bakım işlemleri

Çalışmada, test bitkisi olarak ticari bir kıvırcık marul olan 'Caipira' çeşidi kullanılmıştır. Fidelikte, fide yetiştirme ortamına yukarıda detaylandırıldığı şekilde vermikompost ilavesi yapılarak tohum atma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra tohumların çimlenmesine müteakip fidelerin ideal gelişimini temin etmek için rutin olarak bütün bakım işlemleri (sulama, doldurma, tekleme, gübreleme vb.) yapılmıştır. Gelişimlerini tamamlayan fidelerin uygun dönemde (fide gelişimi ve iklime bağlı olarak) deneme alanına dikimleri yapılmıştır. Fideler toprağa şaşırtıldıktan sonraki aşamada (serada yetiştiricilik) ise sulama ve diğer kültürel işlemler (çapa, sulama, bitki koruma önlemleri vb.) özenli bir şekilde yapılmıştır.

Deneme deseni

Çalışmanın, hem fide hem de serada yetiştiricilik aşaması tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel olarak kurulmuş ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Fide yetiştiriciliği için tohumlar 384 gözlü viyoller kullanılarak yetiştirilmiş ve farklı uygulamalar arasında etkileşim olmaması amacıyla viyoller birbirine çok yakın olmayan yataklara serilmiştir. Serada yetiştiricilik aşamasında ise her parsel 5 m uzunluğa 1 m enine sahip olan sedde (5 m²'lik parsel) üzerinde sıra üzeri 20 cm, sıra arası ise 50 cm

dikim mesafesi olacak şekilde dikim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her parselde çift sıralı olarak en az 50 (25+25) bitki toplamda yaklaşık 2700 bitki dikimi yapılmıştır. Ayrıca, bu aşamada uygulamalar arası etkileşimin minimize edilmesi amacıyla parseller arasında yaklaşık 1 m'lik boşluklar bırakılmıştır. Böylece deneme alanı yürüme yolları ile birlikte yaklaşık 600 m²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 3.1).

Analizler için örnekleme şekli

Fide yetiştiriciliği aşaması analiz, hesaplama ve ölçümleri için her uygulamanın tekerrürlerinden 5 fide alınarak laboratuara getirilmiş, fiziksel ölçümleri yapılan fidelerin gövdeleri kesilerek kök bölgesinden yetiştirme ortamı silkeleme ile toplanmış ve bu kısımda biyolojik analizler yapılmıştır. Ayrıca, elde edilen bu ortamın pH ve EC ölçümleri de yapılmıştır. Sera yetiştiriciliği aşaması analiz, hesaplama ve ölçümleri ise şunlardır: Toprakta yapılan biyolojik analizler için her tekerrürden belli dönemlerde hem rizosfer (her parselden 5 adet marul bitkisi sökülmüş ve bu bitkilerin köklerindeki topraklar toplanarak bunlar analize tabi tutulmuştur) hem de normal toprak (0-30 cm derinlikten toprak burgusu ile örnekleme yapılmıştır) örnekleri alınmıştır. Bahsedilen rizosfer toprakları hemen analiz edilemediğinde +4°C'de en fazla bir hafta süre bekletilmiştir. Toprakta makro ve mikro besin elementlerini ve pH-EC ölçümlerini kapsayan rutin kimyasal analizler için ise deneme sonunda 0-20 cm derinlikten burğu ile toprak numuneleri alınmış ve bunlar analizler için hazır hale (kurutma ve eleme) getirilmişlerdir. Ancak, mineral azot formları (amonyum, nitrat, nitrit) analizleri yaş örneklerde yapılacağından bu örnekler ayrılarak analiz edilinceye değin +4°C'de bir süre bekletilmişlerdir. Son olarak olgunlaşmış marullarda fiziksel ölçümler ve rutin kimyasal analizler için deneme sonunda her tekerrürden gelişimini tam tamamlamış 5 bitki sökülerek bunlarda fiziksel ölçümler yapılmıştır. Daha sonra bitki örnekleri analizler için hazır hale (yıkama, kurutma, öğütme) getirilmiştir.

Örnekleme zamanı ve örnek sayısı

Fide yetiştiriciliği aşamasında fidelerde ve yetiştirme ortamındaki analiz, hesaplama ve ölçümler için gelişimini tam olarak tamamlamış fideler ve bunlardan elde edilen yetiştirme ortamı numune olarak kullanılmıştır. Sera yetiştiriciliği aşamasındaki toprak örneklerinin biyolojik analizleri için ise fidelerin parsellere dikiminden itibaren 0, 2, 4 ve 6. haftalarda alınan hem normal toprak hem de rizosfer toprağı örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Toprak ve bitki örneklerinin rutin kimyasal analizleri ile bitki örneklerinin fiziksel ölçümleri için örnekleme işlemi ise bitkilerin hasat zamanında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmanın fide yetiştiriciliği (A) ve serada yetiştiricilik (B) aşamalarından genel görünüm

3.2. Metod

Çalışma kapsamında yapılan analiz, hesaplama ve ölçümler aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Biyolojik analizler

Bu çalışmada, fide yetiştiriciliği aşamasında yetiştirme ortamında (1 dönem için 90 ortam, toplam 180 ortam) ve serada yetiştiricilik aşamasında ise normal toprakta (1 dönem için 216 toprak, toplam 432 toprak) ve rizosfer toprağında (1 dönem için 216 toprak, toplam 432 toprak) aşağıda ayrıntıları verilen biyolojik analizler yapılmıştır.

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

Toplam bakteri sayımında, kültürel bir sayım yöntemi olan seyreltme-plak sayım yöntemi kullanılmıştır. Önce seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Seyreltme işleminden sonra her bir seyreltme tüpünden yaklaşık 100 µL alınarak nutrient agar bulunan petri kaplarına aktarılıp yayılmıştır. Katı besin ortamı ayrıca 50 mg L⁻¹ düzeyinde cycloheximide (antifungal) içermektedir. Bu petri kapları 28 °C de 3 gün inkübe edilmiş ve 30-300 koloni bulunan petrilere koloni sayımları yapılarak bakteri sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Parkinson vd. 1971).

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

Nitrifikasyon aktivitesi

Bu analiz, toprak örneklerinin amonyum sülfat ile belli bir süre inkübe edilmesi ve sonrasında oluşan nitritin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Beş gram nemli toprak örneği erlene konulmuş ve üzerine 0.1 mL sodyum klorat çözeltisi (1.5 M NaClO₃) ve 20 mL amonyum sülfat çözeltisi (1 mM) eklenmiştir. Ardından erlenin ağzı kapatılıp 25 °C de 5 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda 5 mL KCl çözeltisi (149.12 g/L) eklenmiş, iyice karıştırıldıktan sonra süzümüştür. Süzükten 5 mL alınarak cam tüpe aktarılmış ve üzerine 3 mL tampon çözelti (0.19 M NH₄Cl, pH 8.5) ve 2 mL nitrit belirleme çözeltisi (2 g sülfanilamid ve 0.1 g naftil dietilen diamonyum klorür/200 mL) ilave edilmiştir. İyice karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 15 dakika bekletilmiş ve renk yoğunluğu 520 dalga boyunda ölçülmüştür. Aynı işlemler topraklı olarak kör içinde yapılmış ancak inkübasyon yerine bu süre boyunca -20 °C de bekletilmiştir. Örneklerde ölçülen değerler kör değerlerine göre düzeltildikten sonra ve standart çözelti değerleri de göz önüne alınarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Berg ve Rosswall 1985; Schinner vd. 1995).

$$\text{NO}_2\text{-N} (\mu\text{g g}^{-1} \text{ kuru ağırlık})/\text{saat}^{-1} = \frac{\text{Nitrit-N} (\mu\text{g mL}^{-1}) \text{ süzük} \times V}{t \times tka}$$

Bu formülde tka, 1 g nemli toprağın kuru ağırlığı; t, saat olarak inkübasyon süresi; V, analizde toprak örneğine eklenen çözeltilerin toplam hacmidir (25.1 mL).

Denitrifikasyon aktivitesi

Bu analizin dayandığı temel, toprağın nitrat ile birlikte suyla doymuş koşullarda inkübe edilmesi ve oluşan nitritin ölçülmesidir. Beş g nemli toprak test tüpüne konulmuş ve üstüne 4 mL DNP çözeltisi (0.9 mM 2,4-Dinitrofenol), 1 mL nitrat çözeltisi (25 mM KNO₃) ve 5 mL saf su ilave edilmiş ve iyice karıştırılarak 25 °C de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında 10 mL KCl çözeltisi (2 M) eklenip iyice karıştırıldıktan hemen sonra süzölmüştür. Süzükten 5 mL alınarak cam tüpe aktırılmış ve üzerine 3 mL tampon çözelti (0.19 M NH₄Cl, pH 8.5) ve 2 mL nitrit belirleme çözeltisi (2 g sülfanilamid ve 0.1 g naftil dietilen diamonyum klorür/200 mL) ilave edilmiştir. İyice çalkalayıp 15 dakika oda sıcaklığında bekledikten sonra oluşan renk yoğunluğu 520 dalga boyunda ölçülmüştür. Aynı işlemler topraklı olarak kör içinde yapılmış ancak inkübasyon yerine bu süre boyunca -20 °C de bekletilmiştir. Standart çözelti okumaları da dikkate alınarak hesaplamalar yukarıdaki formüle göre yapılmıştır (Abdelmagid ve Tabatabai 1987; Schinner vd. 1991).

Üreaz aktivitesi

Üreaz aktivitesinin belirlenmesi için 10 g toprak örneği üzerine 0.2 mL toluen ilave edildikten sonra üzerine 7.5 ml sitrat tampon çözeltisi (368 g sitrik asit ve 295 g potasyum hidroksit / 1 L, pH 6.7) ve 10 ml üre çözeltisi (%10) ilave edilerek çalkalanmıştır. Daha sonra bu karışım 3 saat süreyle 37 °C’de inkübe edilmiş ve ardından son hacim 37 °C’de distile su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Sonrasında bu süspansiyon Whatman no 42 filtre kağıdı yardımıyla süzölmüş ve elde edilen süzükten 1 ml alınarak üzerine sırasıyla 10 ml saf su, 4 ml sodyum fenolat (62.5 g fenol / 100 mL) ve 3 mL sodyum hipoklorit (%0.9) ilave edilmiştir. Açığa çıkan amonyum 578 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Hoffman ve Teicher 1961).

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

Formuldeki kısaltmaların anlamları sırasıyla şu şekildedir; 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

Alkali fosfataz aktivitesi

Fosfataz aktivitesinin belirlenmesi için 1 g toprak örneğine 0.2 ml toluen, 4 ml MUB (12.1 g Tris, 11.6 g maleik asit, 14.0 g sitrik asit ve 6.3 g borik asit / 1 L, pH 11) ve substrat olarak aynı tamponla hazırlanmış 1 ml p-nitrofenil fosfat (0.835 g PNP Fosfat/50 ml MUB) eklenmiştir. Bu karışım 37 °C’de 1 saat inkübe edilmiş, inkübasyonun ardından 1 ml 0.5 M CaCl₂ ve 4 ml 0.5 M NaOH eklenerek aktivite durdurulmuş ve toprak süspansiyonu katlı filtreden süzölmüştür. Oluşan sarı renk yoğunluğu 410 nm’ye ayarlı spektrofotometrede ölçülmüştür. Süzüğün p-nitrofenol (PNP) içeriği saf p-nitrofenol ile hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Fosfataz enzim aktivitesi yukarıda üreaz için verilen formül yardımıyla

hesaplanmış ancak sonuçlar “ $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹” olarak verilmiştir (Tabatabai ve Bremner 1969).

β -glikosidaz aktivitesi

β -glukosidaz aktivitesini belirlemek üzere 1 g toprak üzerine 0.2 ml toluen, 4 ml MUB (12.1 g Tris, 11.6 g maleik asit, 14.0 g sitrik asit ve 6.3 g borik asit / 1 L, pH 6) ve 1 ml PNG (ρ -nitrofenil- β -D-glukozit: 0.654 g β -D Glukozit / 50 ml MUB) çözeltisi eklenmiştir. 37 °C’de 1 saat inkübe edildikten sonra örnek üzerine 1 ml 0.5 M CaCl₂ ve 4 ml 0.1 M THAM tampon çözeltisi eklenmiştir. Katlı filtreden süzülen toprak süspansiyonundaki sarı renk yoğunluğu 410 nm’de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Filtratın ρ -nitrofenol (PNP) içeriği saf ρ -nitrofenolle (1 g ρ -nitrofenol / 1 L) hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. β -glikosidaz aktivitesi üreaz için verilen formül yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar “ $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹” olarak ifade edilmiştir (Eivazi ve Tabatabai 1988).

Dehidrogenaz aktivitesi

Dehidrogenaz aktivitesini belirlemek üzere kapaklı erlenlere 5 g nemli toprak tartılmış ve üzerine 5 ml TTC (0.8 g 2,3,5–Trifeniltetrazolyum klorid / 100 ml) çözeltisi eklenmiştir. Erlenlerin ağzı kapatılarak 30 °C’de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından karışıma 40 ml aseton eklenerek 2 saat karanlıkta bekletilmiştir. Elde edilen süspansiyonun mavi bantlı filtreden süzülmesinin ardından ortaya çıkan kırmızı rengin yoğunluğu spektrometrede 546 nm’de ölçülmüştür. Süzüğün TPF içeriği TPF standart çözeltisinden (50 mg Trifenil formazan / 100 ml aseton) hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Dehidrogenaz aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve sonuçlar “ $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak” olarak ifade edilmiştir (Thalman 1968).

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

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

3.2.2. Kimyasal analizler

Deneme sonunda alınan toprak örneklerinde (1 dönem için 54, toplam 108 toprak) mineral azot formları (amonyum, nitrat, nitrit) analizi ile rutin makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır. Yine hasat zamanı alınan bitki örneklerinde (1 dönem için 270, toplam 540 bitki) ise bitkinin beslenme durumunu ortaya koyan toplam makro-mikro besin elementi analizleri yapılmıştır. Toprak ve bitki örneklerinde yapılan kimyasal analizlerin ayrıntılarına aşağıda yer verilmektedir.

Toprakta mineral azot formları (amonyum, nitrat, nitrit) analizi

Toprak örneklerinde amonyum, nitrat ve nitrit analizleri toprak ekstraktında yapılmıştır. Bu amaçla, standart bir ekstraksiyon metodu olarak, 10 g kuru toprağa eşdeğer miktarda yaş toprak üzerine 100 ml 2 M KCl çözeltisi ilave edilmiş ve

çalkalayıcıda 1 saat boyunca 120 devir/dk hızda çalkalamaya bırakılmıştır. Elde edilen süzük analizlerde kullanılmıştır (Forster 1995).

Toprakta amonyum analizi

Toprak ekstraktındaki amonyum kolorimetrik olarak ölçülmüştür. Bu yöntem klasik indofenol yöntemine benzemekle birlikte renklendirici olarak toksik fenol yerine salisilat kullanılmıştır. Bu 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 karıştırılmış ve 15 dk beklendikten sonra 5 ml alkali hipoklorid çözeltisi ilave edilmiştir. Renk oluşumu için 1 saat beklendikten sonra spektrofotometrede 660 nm de okuma yapılmıştır. Amonyum standartları ve kör de aynı işlemlere tabi tutulmuştur. Oluşturulan standart kurve ve kör değeri, ekstraksiyon sırasında kullanılan toprak miktarı ve seyreltme faktörü dikkate alınarak toprak örneğinin amonyum kapsamı hesaplanmıştır (Forster 1995).

Toprakta nitrat analizi

Nitrat belirlemesi için 0.5 ml süzük üzerine 1 ml %5'lik salisilik asit çözeltisi (konsantre sülfirik asit ile hazırlanmış) eklenip iyice karıştırıldıktan sonra 30 dk beklenmiş ve sonrasında 10 ml 4 M NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. Bir saat içerisinde oluşan renk yoğunluğu spektrometrede 410 nm de okunmuştur. Standart kurve ve kör değerleri, kullanılan toprak miktarı ve seyreltme faktörüne göre hesaplama yapılarak toprağın nitrat kapsamı belirlenmiştir (Anderson ve Ingram 1989).

Toprakta nitrit analizi

Toprakta nitrit tayini için 2 ml ekstrata 45 ml saf su ve 1 ml sülfanilamid çözeltisi (100 ml 2.4 M HCl içerisinde çözülmüş 0.5 gr sülfanilamid) ilave edilmiştir. İyice karıştırılıp 5 dk beklendikten sonra 1 ml [N-(1-naftil)-etilindiamin]hidroklorid çözeltisi (0.12 M HCl içerisinde %3'lük) eklenmiş ve 20 dk beklenmiştir. Son hacim 50 ml'ye tamamlandıktan sonra spektrometrede 540 nm de okuma yapılmıştır. Kör ve standart çözeltilerde aynı işlemlere tabii tutulmuş ve hesaplamalar sonunda toprakların nitrit kapsamı belirlenmiştir (Keeney ve Nelson 1982).

Toprakta rutin analizler

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

Bitkide makro-mikro besin elementi analizleri

Denemenin sonunda bitki örnekleri hasat edilip, laboratuvar ortamında yıkandıktan sonra kese kâğıtlarına konularak ağızları açık olacak şekilde 70 °C'de havalandırmalı kurutma dolabında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Bitki örneklerinde toplam azot modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir. Bitkide toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu miktarı ise yaş yakma sonucu elde edilen süzükte AAS ile okunarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

3.2.3. Ölçüm ve hesaplamalar

Marul fidelerinde (1 dönemde 90, toplam 180 fide) tohum çıkış oranı hesaplanmış iken fide kalite parametreleri de belirlenmiştir. Ayrıca, fide yetiştirme ortamında da pH ve EC ölçümleri yapılmıştır. Serada yetiştirilen ve olgunluğa ulaşan marullarda (1 dönem için 270, toplam 540 bitki) ise verim ve kalite parametreleri belirlenmiştir.

Tohum çıkış oranı ve fide kalite parametreleri

Marul tohumları uygulamalara göre viyollere 3 tekerrürlü olarak atılmıştır ve sonrasında çimlenmeyen tohumlar sayılmıştır. Daha sonra elde edilen rakamlar uygulama başına 3'e bölünerek bunların ortalaması alınmış ve her konu için tohum çıkış oranları % olarak ifade edilmiştir. Marul fide kalite parametrelerini belirlemek için uygulama başına 5 fide numune olarak kullanılmıştır. Bu fidelerde ölçümler yapılmış ve bunların ortalamaları alınarak uygulama başına sonuçlar verilmiştir. Bu bağlamda, fide boyu (cm; cetvel ile), gövde çapı (mm; kumpas ile), yaş ağırlık (g; terazi ile) ve kök uzunluğu (cm; cetvel ile) için ölçüm ve hesaplamalar yapılmıştır.

Marul verim ve kalite parametreleri

Marul verim ve kalite parametrelerini belirlemek için her bir tekerrürden 5 bitki kullanılmıştır. Bu bitkilerde ölçümler yapılmış ve bunların ortalamaları alınarak uygulama başına sonuçlar verilmiştir. Hasat edilen bitkilerde ortalama baş ağırlığı değerleri kullanılarak marul için dekara verim hesaplanmış (parseldeki bitki sayısı, ortalama baş ağırlığı ile çarpılmış ve bulunan değerler toplanmıştır) ve sonuçlar kg da⁻¹ olarak ifade edilmiştir. Marul kalite parametreleri olarak da baş uzunluğu (cm; cetvel ile), kök boğazı çapı (cm; kumpas ile), yaprak alanı (cm; cetvel ile yaprak sapı hariç yaprak ayası kenarlarından itibaren ölçüm yapılmıştır) ve yaprak sayısı (adet) şeklinde ölçümler yapılmıştır.

3.2.4. İstatistiksel analizler

Araştırma sonuçlarının SPSS 17.0 paket programı kullanılarak istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Bu kapsamda deneme sonunda elde edilen sonuçların varyans, deneme sürecinde elde edilen sonuçların ise tekrarlı ölçüm analizi ile önemlilikleri belirlenmiş (%5 düzeyinde), önemli bulunan sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile harflendirilerek derecelendirilmiş ve Pearson korelasyon testi ile de bu sonuçların birbirleri ile olan ilişkileri ortaya konmuştur (SPSS 2008).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fide Yetiştiriciliği Aşamasında İncelenen Kriterler

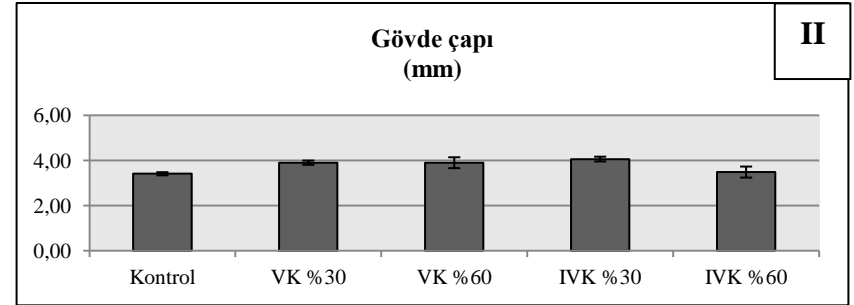
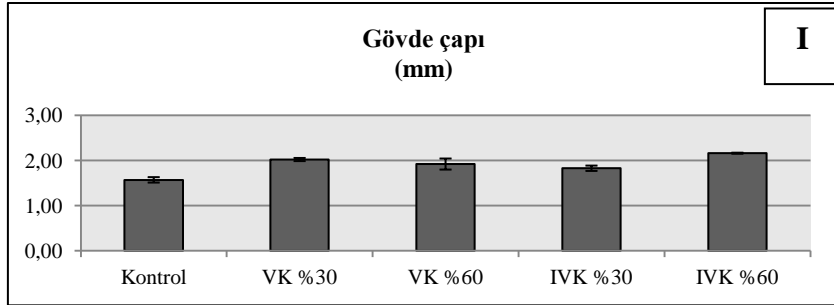
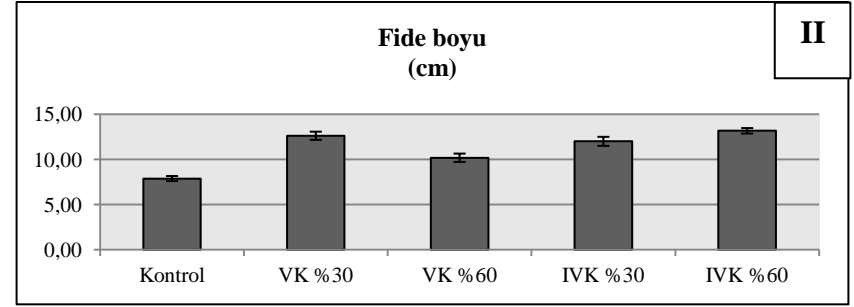
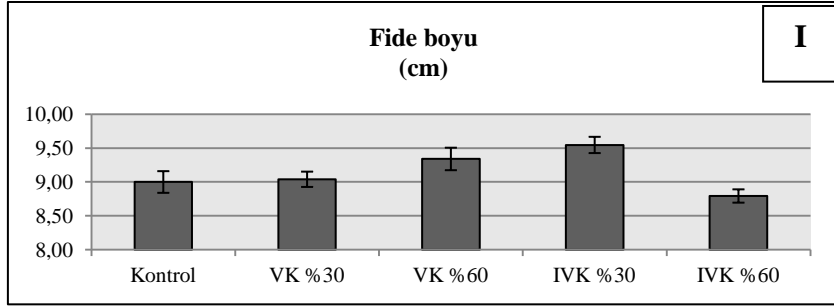
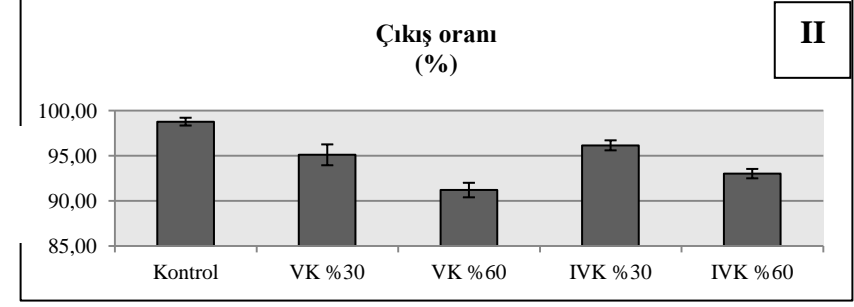
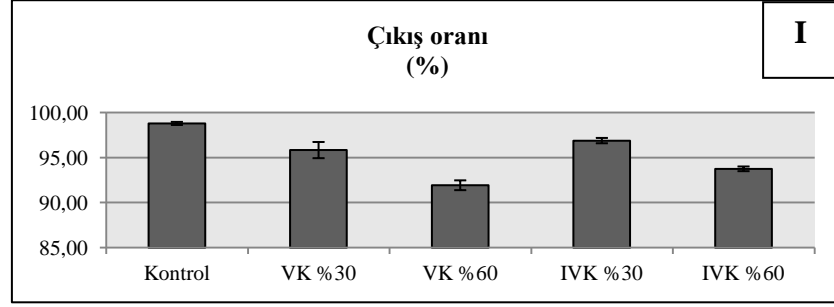
4.1.1. Tohum çıkış oranı ve fide kalitesi

Çalışmanın bu aşamasında farklı fide yetiştirme ortamlarının tohum çıkış oranı, fide boyu, gövde çapı, yaş ağırlık ve kök uzunluğu üzerine etkileri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. İstatiksel analiz sonuçlarına göre hem I. hem de II. fide yetiştiricilik döneminde en yüksek çıkış oranı kontrol uygulamasında ölçülmüştür (I. ve II. dönem; $p < 0.001$). Her iki yetiştiricilik döneminde de hem ısıtılmış (IVK) hem de görmemiş (VK) uygulamaların artan dozlarında tohumların çıkış oranlarının belirgin olarak azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.1). Tohum çimlenmesi sürecinde fide yetiştirme ortamında tuzluluğun artmasının çimlenmeyi ciddi oranda düşürdüğü bildirilmektedir (Ekmekçi vd. 2005; Karakurt vd. 2010). Nitekim, her iki dönemde de tohum çıkış oranının azalması da bu duruma işaret etmektedir.

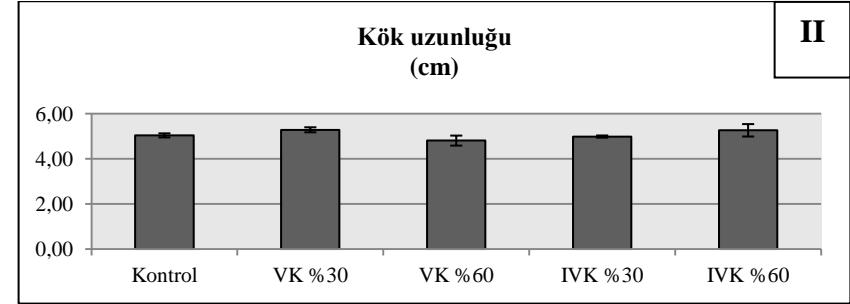
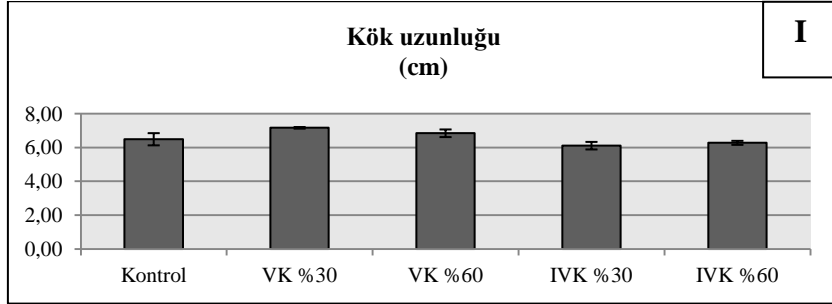
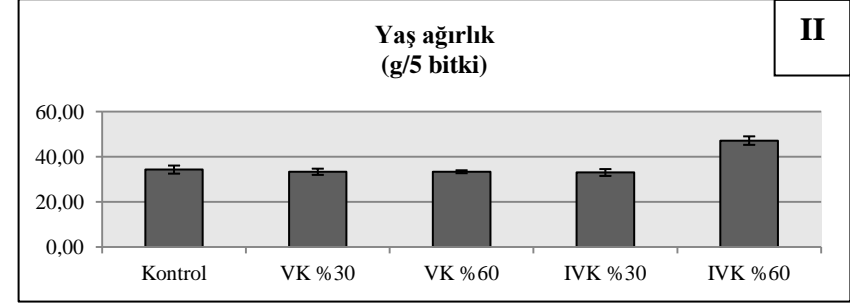
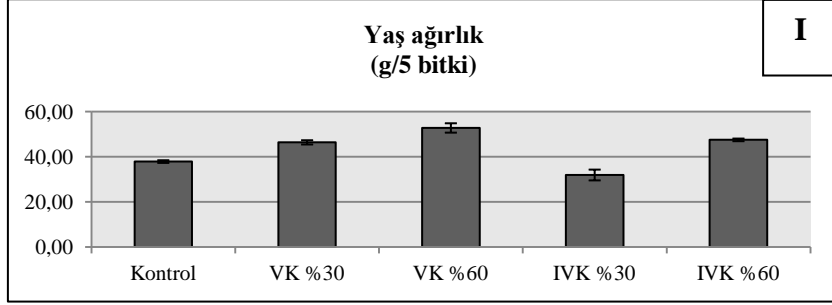
Birinci yetiştiricilik döneminde uygulamaların fide boyu üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). İkinci yetiştiricilik döneminde ise VK ve IVK uygulamalarının %30 dozu ile IVK %60 dozunun fide boyunu istatistiki olarak en fazla arttırdığı tespit edilmiştir ($p < 0.001$). Ayrıca, bu yetiştiricilik döneminde IVK uygulamasının dozu arttıkça fide boyunun da arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.1). Dönemler arasında fide boyunun artış gösterdiği dikkati çekmektedir. Ayrıca, II. dönem fide yetiştiriciliğinde her iki gübrenin benzer biçimde etkide bulunması bu gübrenin besin elementlerince zengin olmasına bağlanabilir. Fide boyu üzerine en önemli besin elementinin N olduğu düşünüldüğünde hem VK'nın (% 1.5) hem de IVK'nın (% 1.8) iyi birer N kaynağı olduğu ve bu sayede fide boyu üzerine neden önemli etkide buldukları daha iyi anlaşılmaktadır. Fide gövde çapının I. yetiştiricilik döneminde IVK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise IVK %30 uygulamaları ile istatistiki olarak en fazla artış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1; I. dönem; $p < 0.01$ ve II. dönem; $p < 0.05$). Sadece I. yetiştiricilik döneminde olmak üzere IVK uygulamasının dozunun arttıkça fide gövde çapının da artış gösterdiği de görülmektedir (Şekil 4.1). Fide gövde çapı da yine N'un yanı sıra özellikle P elementi tarafından etkilenen bir parametredir. Her iki fide yetiştirme periyodunda da IVK gübresinin diğerine göre fide gövde çapını arttırmasında gübrenin P içeriğinin (9800 mg kg^{-1}) önemli bir yer tuttuğu düşünülmektedir. Nitekim, fizyolojik açıdan bitkilerin boy uzunluğu ve gövde çapları üzerine organik gübrenin önemli etkide buldukları bunun da organik gübrenin genellikle N ve P yönünden zengin materyaller olmalarından kaynaklandığı bildirilmektedir (Sönmez vd. 2002; Okur vd. 2008; Yılmaz vd. 2017).

Fide yaş ağırlığının I. yetiştiricilik döneminde VK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise IVK %60 uygulaması ile istatistiki açıdan en yüksek düzeyde artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.1; I. ve II. dönem; $p < 0.001$). Ayrıca, hem I. hem de II. yetiştiricilik dönemlerinde her iki uygulamanın (VK, IVK) dozunun arttıkça fide yaş ağırlığının da benzer olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.2). Dönemler arasında fide yaş ağırlığının nispeten azaldığı ancak bu azalmanın her iki gübrenin düşük doz karışımında olduğu görülmektedir. Bitki yaş ağırlığını belirleyen en önemli etmen bitkinin sahip olduğu su miktarıdır. Suyun bitki bünyesinde fizyolojik olarak hareketini yöneten ise bir besin elementi olan K'dur. K bakımından iyi beslenen

bitkilerin su ve diğer minerallerce dengeli bir yapıda bulunduğu, kuraklık-don gibi suya bağlı stres faktörlerine dayanıklı olduğu ve bitki yaş ağırlığının da arttığı çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Kacar 2005; Kaya ve Tuna 2005). Nitekim, çalışmada kullanılan hem VK (8550 mg kg⁻¹) hem de IVK (8600 mg kg⁻¹) K'ca zengin birer gübre olduklarından elde edilen sonuç literatüre uyumlu bulunmuştur. Fide kök uzunluğunun I. yetiştiricilik döneminde VK %30 uygulaması ile istatistiki olarak en yüksek düzeyde arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1; p<0.05). Ancak, bu uygulamanın dozunun artmasına bağlı olarak aynı şekilde fide kök uzunluğunun artmadığı hatta azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.2). İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamaların kök uzunluğu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bitkilerin kök uzunluğu da gövde çapında olduğu gibi esas itibari ile ortamdaki P elementi ile yakın ilişki içerisinde (Kantarıcı 2000; Gezgin ve Hamurcu 2006). Ayrıca, ortamda Ca elementinin varlığında da kök uzunluğunun artabildiği bildirilmektedir (Özkan ve Müftüoğlu 2017). VK gübresinin P bakımından diğer gübreden üstün olmamasına karşın Ca elementi (VK: 26600 mg kg⁻¹, IVK: 23700 mg kg⁻¹) bakımından üstün olduğu göz önünde bulundurulduğunda kök uzunluğunu destekleyen esas faktörün Ca olduğu düşünülebilir.



Şekil 4.1. Uygulamaların marul tohumlarının çıkış oranı ile fidelerin boyu ve gövde çapı üzerine etkileri (**I**: Birinci yetiştiricilik dönemi, **II**: İkinci yetiştiricilik dönemi)



Şekil 4.2. Uygulamaların marul fidesinin yaş ağırlığı ve kök uzunluğu üzerine etkileri (**I**: Birinci yetiştiricilik dönemi, **II**: İkinci yetiştiricilik dönemi)

Çizelge 4.1. Uygulamaların marul tohumlarının çıkış oranı ile fidelerinin bazı kalite parametreleri üzerine etkisi

Uygulamalar	Çıkış oranı (%)		Fide boyu (cm)		Gövde çapı (mm)		Yaş ağırlık (g/5 bitki)		Kök uzunluğu (cm)	
	Yetiştiricilik dönemi									
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
K	98.78a ¹	98.76a	9.00	7.88c	1.57c	3.41b	37.81c	34.26b	6.48ab	5.03
VK30	95.83b	95.09b	9.04	12.62a	2.02ab	3.90ab	46.32b	33.30b	7.15a	5.28
IVK30	95.83b	96.14b	9.55	12.00a	1.83b	4.06a	31.87d	32.97b	6.10b	4.98
VK60	91.93d	91.19d	9.34	10.18b	1.92b	3.90ab	52.70a	33.31b	6.83ab	4.80
IVK60	93.75c	93.01c	8.79	13.17a	2.16a	3.49b	47.42b	47.10a	6.27b	5.26
ANOVA (Tek yön; LSD%5)	27.942***	33.061***	Ö.D.	27.738*** ²	10.592*** ³	2.816* ⁴	29.744***	16.449***	3.655*	Ö.D. ⁵

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

3 **; %1 düzeyinde önemlidir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5 Ö.D.: Önemli değil.

4.1.2. Fide yetiştirme ortamı

Çalışma kapsamında yapılan uygulamaların fide yetiştirme ortamının üreaz, alkali fosfataz, β -glikosidaz, dehidrogenaz, nitrifikasyon, denitrifikasyon aktiviteleri ile bakteri sayısı üzerine etkileri Çizelge 4.2’de gösterilmektedir. Fide yetiştirme ortamının üreaz aktivitesi I. yetiştiricilik döneminde VK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise IVK %30 uygulamaları ile istatistiki açıdan en yüksek artışı göstermiştir (I. dönem; $p < 0.001$ ve II. dönem; $p < 0.05$). Ayrıca, I. yetiştiricilik döneminde hem VK hem de IVK uygulamalarının dozları arttıkça enzim aktivitesi benzer olarak artış göstermiş iken II. dönemde sadece VK uygulamasında benzer şekilde bir artış ortaya çıkmıştır (Şekil 4.3). Fide yetiştirme ortamının üreaz aktivitesi dönemsel olarak her iki gübre tarafından da etkilenmiştir. VK’nın üreaz aktivitesi ($233.54 \mu\text{g NH}_4^+ \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ile IVK’nın üreaz aktivitesinin ($196.96 \mu\text{g NH}_4^+ \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) birbirine yakın değerlerde olmaları dönemsel olarak bir gübrenin diğerine neden üstün gelmiş olabileceğine ilişkin ipucu vermektedir. Nitekim, daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda yüksek mikrobiyal sayı, çeşitlilik ve aktiviteye sahip vermikompostların ilave edildikleri ortamın mikrobiyal kompozisyonunu ve enzim aktivitelerini olumlu yönde etkilediği rapor edilmiştir (Garcia vd. 1995; Atiyeh vd. 2000b; Atiyeh vd. 2001; Hashemimajd vd. 2004)

Yetiştirme ortamının alkali fosfataz aktivitesi I. yetiştiricilik döneminde IVK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise IVK %30 ve VK %60 uygulamaları ile istatistiki olarak en yüksek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2; I. ve II. dönem; $p < 0.001$). Hem yetiştiricilik dönemi hem de uygulamalar açısından doz artışı ile enzim aktivitesi arasındaki ilişkiler incelendiğinde üreaz aktivitesi ile benzerlikler olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Ortamın β -glikosidaz aktivitesi I. yetiştiricilik döneminde IVK %30 ile VK ve IVK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise IVK %30 ile VK %60 uygulamaları ile istatistiki açıdan en fazla artış göstermiştir (Çizelge 4.2; I. dönem; $p < 0.001$ ve II. dönem; $p < 0.01$). Ayrıca, hem I. hem II. yetiştiricilik dönemlerinde her iki uygulamanın dozunun arttıkça enzim aktivitesinin de benzer olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Hem alkali fosfataz hem de β -glikosidaz aktivitesinin benzer olarak her iki gübre uygulamasından iki ayrı yetiştiricilik döneminde etkilendiği görülmektedir. Gübrelere bakıldığında VK’nın alkali fosfataz aktivitesi ($203.15 \mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ile β -glikosidaz aktivitesinin ($151.92 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ve IVK’nın alkali fosfataz aktivitesi ($191.98 \mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) ile β -glikosidaz aktivitesi ($149.79 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu noktada her iki enzim aktivitesi üzerine dönemler arasında iki gübrenin de benzer olarak önemli etkilerde bulunmaları gübrelere bahsedilen enzim aktivite içeriklerine atfedilebilir.

Dehidrogenaz aktivitesi I. yetiştiricilik döneminde her ne kadar uygulama dozu arttıkça benzer biçimde artış gösterse de istatistiki olarak en yüksek enzim aktivite değeri kontrol ortamında ölçülmüştür (Çizelge 4.2; $p < 0.001$). İkinci yetiştiricilik döneminde ise VK ve IVK %30 uygulamalarının istatistiki açıdan enzim aktivitesini en fazla arttırdıkları tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Ancak, hem VK hem de IVK dozu arttıkça enzim aktivitesinde beklenmedik biçimde bir düşüş olduğu görülmektedir (Şekil 4.4). Gübrelere dehidrogenaz aktivite değerleri birbirlerinden oldukça farklı gözükmektedir. Bununla birlikte, uygulama dozu artışı sonrası enzim aktivitesinde meydana gelen düşüşün özellikle ortamda inhibe edici madde (mineral besin elementi, toksik bileşik

vb) birikiminden kaynaklanmış olabileceğini akla getirmektedir. Yetiştirme ortamının nitrifikasyon aktivitesi I. yetiştiricilik döneminde VK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise VK %30, VK ve IVK %60 uygulamaları ile en yüksek düzeye ulaşmıştır (Çizelge 4.2; I. dönem; $p<0.001$ ve II.dönem; $p<0.05$). Ayrıca, hem I. hem de II. yetiştiricilik dönemlerinde her iki uygulama dozunun artmasına bağlı olarak enzim aktivitesinin de benzer bir artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Fide yetiştirme ortamında bu enzimi iki farklı fide yetiştiricilik döneminde de daha çok VK'lı uygulamaların etkilediği bu durumu da gübrenin nitrifikasyon aktivitesinin ($26.03 \mu\text{g NO}_2^- \text{-N}$ kuru toprak saat⁻¹) değerinden oldukça yüksek olması ile ilişkilendirmek olası gözükmektedir.

İstatiksel analiz sonuçlarına göre I. yetiştiricilik döneminde yetiştirme ortamında en yüksek denitrifikasyon aktivitesi kontrol uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 4.2; $p<0.01$). Ayrıca, bu dönemde hem VK hem de IVK uygulamalarının artan dozlarında enzim aktivitesinin belirgin olarak azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.4). İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamaların enzim aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kullanılan gübrelerin denitrifikasyon aktiviteleri görece olarak yüksek olmasına rağmen ilk yetiştiricilik döneminde kontrolde (uygulama yapılmayan) bu aktivitenin yüksek çıkması ilginç olarak nitelendirilebilir. Ancak, denitrifikasyon aktivitesinin artması için özellikle havasız koşulların baskın hale geçmesi gerektiği bilinmektedir (Loro vd. 1997). Kullanılan vermikompostların gözenekliliğinin (porozite VK, IVK % 45) rutin olarak kullanılan fide harcından çok daha iyi olduğu ve bu sayede denitrifikasyondan ziyade nitrifikasyonu teşvik ettiği düşünülmektedir.

Birinci fide yetiştiricilik döneminde uygulamaların ortamın bakteri sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2). İkinci yetiştiricilik döneminde ise IVK %30 uygulamasının bakteri sayısını istatistiki olarak en fazla arttırdığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ancak, bu dönemde VK uygulamasının dozu arttıkça benzer biçimde bakteri sayısının da arttığı belirlenmiş iken IVK uygulamasında doz arttıkça bakteri sayısında düşüş görülmektedir (Şekil 4.5). Bu çalışmanın fide yetiştiriciliği aşaması ticari olarak sebze fidesi yetiştiriciliği yapan bir fidelikte rutin olarak yapılan gübreleme, sulama ve bitki koruma işlemlerini kapsamaktadır. Fide yetiştirme ortamının özellikle mikroorganizma sayıları ve enzim aktivitelerinin dönemler arasında ve gübrelerin doz artışlarında tutarsızlık göstermesinin bu nedenle olabileceği düşünülmektedir. Özellikle yapılan kimyasal gübrelemenin ortamın mineral besin kompozisyonunu olumsuz etkileyerek enzim aktivitelerinde inhibasyona ve mikroorganizma çeşitliliğinin azalmasına sebep olmuş olabilir. Diğer taraftan, uygun olmayan sera içi sıcaklık, solar radyasyon, güneşlenme süreleri gibi faktörlerde yine bahsedilen parametrelere dolaylı olarak etkide bulunmuş olabilir. Nitekim, Lai vd. (1998) tarafından yapılan çalışmada bitkinin yetiştiği ortamda bir şekilde (ilave edilme, açığa çıkma vb) biriken mineral besin elementlerinin ve bazı toksik bileşiklerin ortamın mikrobiyal varlık ve aktivitesini olumsuz yönde etkilediği bildirilmektedir.

Çizelge 4.2. Uygulamaların fide yetiştirme ortamının bazı enzim aktiviteleri ve bakteri sayısına etkisi

Uygulama	Üreaz ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N}$ g^{-1} kuru toprak sa.^{-1})		Alkali fosfataz ($\mu\text{g PNP}$ g^{-1} kuru toprak sa.^{-1})		β -glikosidaz ($\mu\text{g PNG}$ g^{-1} kuru toprak sa.^{-1})		Dehidrogenaz ($\mu\text{g TPF}$ g^{-1} kuru toprak sa.^{-1})		Nitrifikasyon ($\mu\text{g NO}_2^-\text{-N}$ g^{-1} kuru toprak sa.^{-1})		Denitrifikasyon ($\mu\text{g NO}_2^-\text{-N}$ g^{-1} kuru toprak sa.^{-1})		Bakteri sayısı (10^6 kob g^{-1} kuru toprak)	
	Yetiştiricilik dönemi													
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
K	12.17d ¹	46.83bc	38.82d	80.24c	6.53c	17.74b	7.55a	2.57b	1.37d	4.69b	0.57a	0.64	1.4	1.3b
VK30	39.68c	46.03c	93.01c	72.04c	13.72b	17.09b	3.04c	3.32a	4.34c	7.49a	0.35b	0.54	2.2	1.2b
IVK30	48.15c	70.37a	117.10bc	114.80a	19.18a	24.38a	4.93b	3.42a	4.85c	6.37ab	0.26bc	0.75	1.6	1.8a
VK60	102.12a	60.85ab	141.18ab	117.13a	18.57a	26.40a	4.53b	2.57b	10.10a	7.64a	0.14c	0.77	1.6	1.4ab
IVK60	71.96b	49.20bc	163.85a	92.26b	19.05a	18.42b	4.15b	2.07b	7.84b	7.73a	0.10c	0.71	1.7	1.3ab
ANOVA (Tek yön; LSD%5)	35.416***	5.943*	31.186***	53.608***	81.353*** ²	11.913** ³	23.788***	8.160**	36.780***	4.085* ⁴	11.714**	ÖD ⁵	ÖD	2.352*

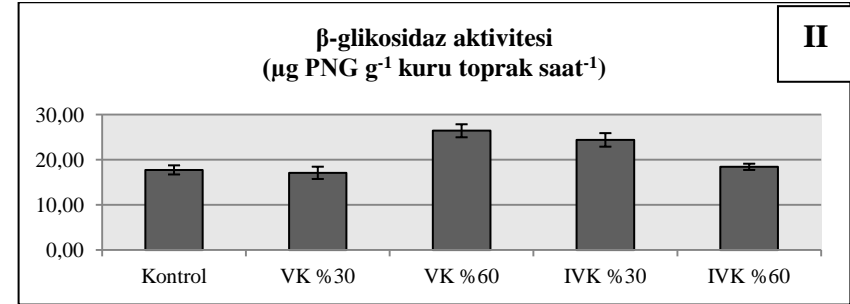
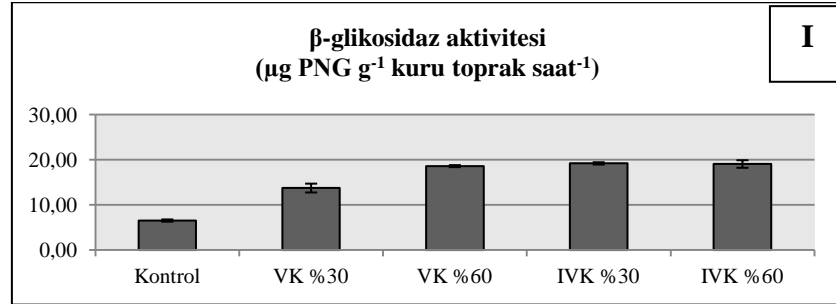
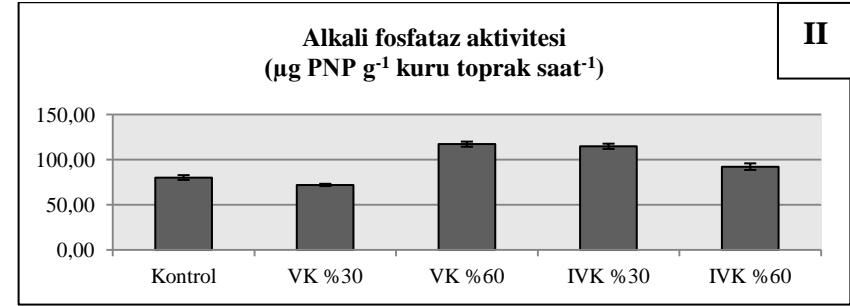
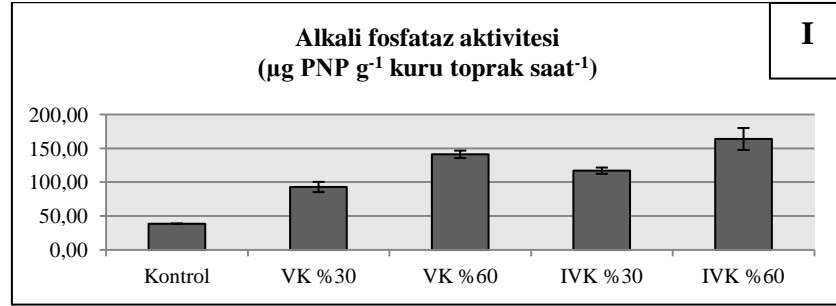
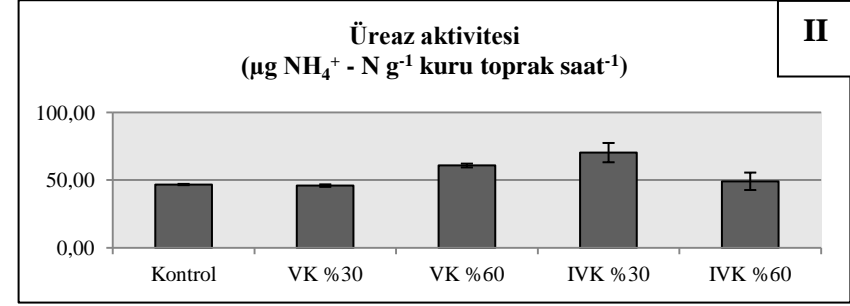
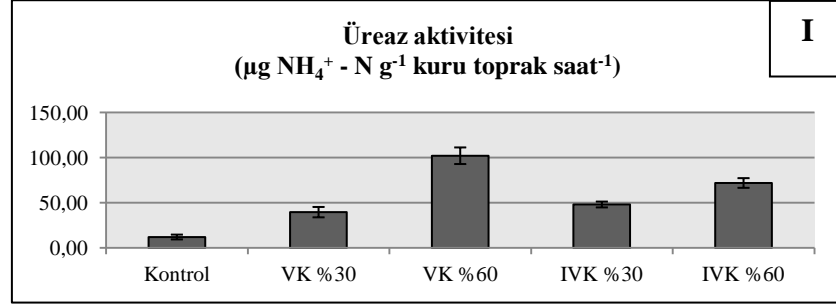
1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

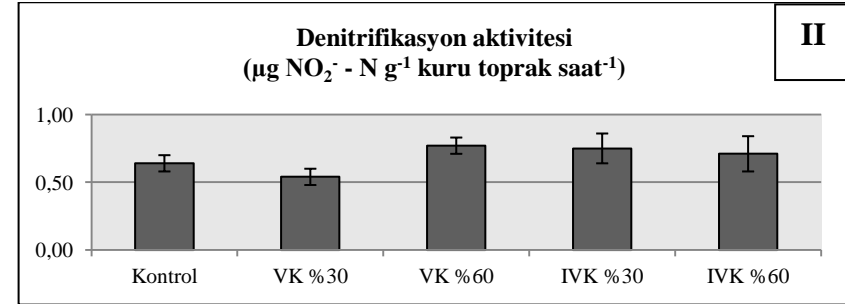
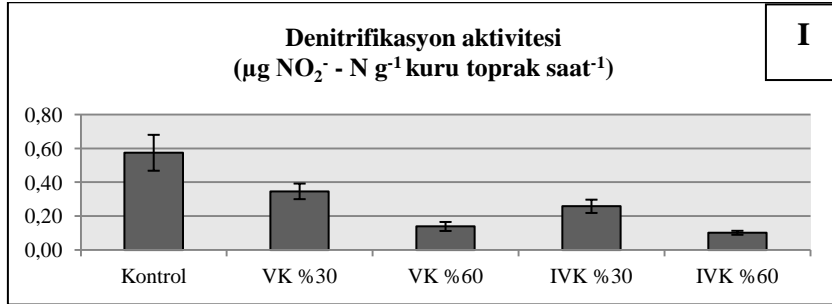
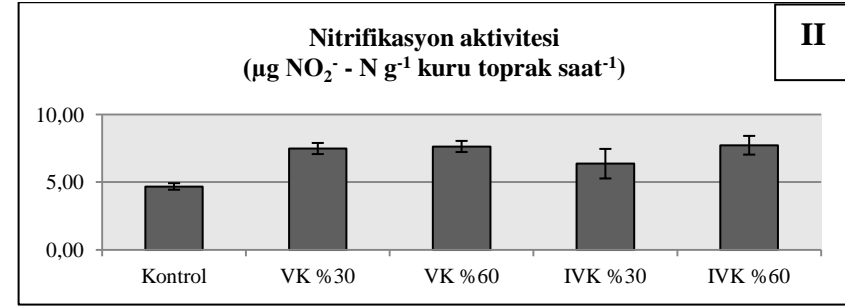
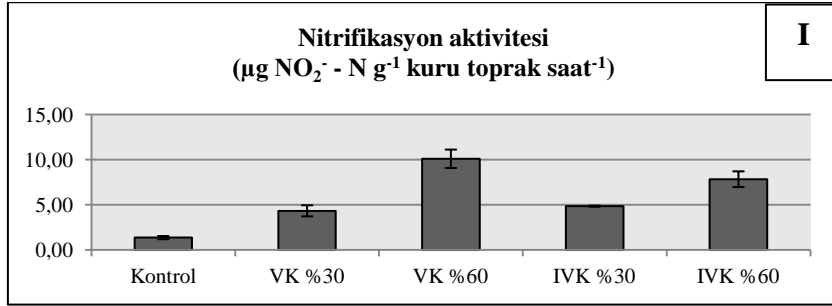
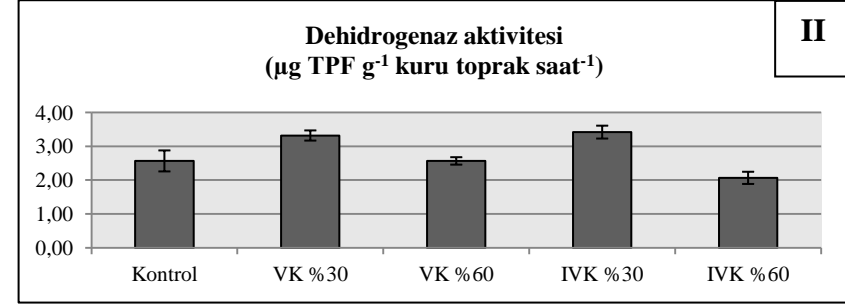
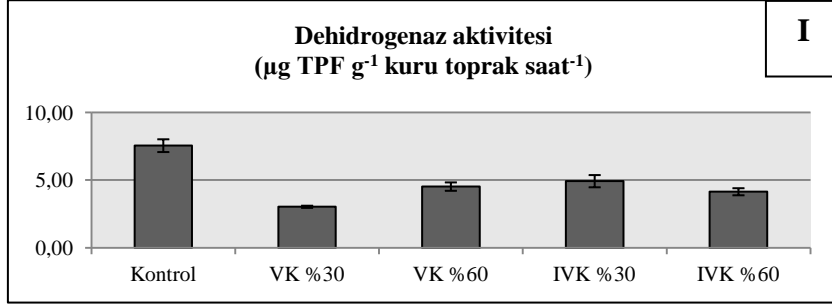
3 **; %1 düzeyinde önemlidir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5 Ö.D.: Önemli değil.



Şekil 4.3. Uygulamaların marul fidesinin yetiştirme ortamı üreaz, alkali fosfataz ve β -glikosidaz enzim aktiviteleri üzerine etkileri (**I**: Birinci yetiştiricilik dönemi, **II**: İkinci yetiştiricilik dönemi)



Şekil 4.4. Uygulamaların marul fidesinin yetiştirme ortamı dehidrogenaz, nitrifikasyon ve denitrifikasyon aktiviteleri üzerine etkileri (**I**: Birinci yetiştiricilik dönemi, **II**: İkinci yetiştiricilik dönemi)

Uygulamaların fide yetiştirme ortamının pH ve EC'si üzerine etkileri ise Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Ortamın pH'sı I. yetiştiricilik döneminde IVK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise VK %60 uygulamaları ile en yüksek düzeye ulaşmıştır (I. ve II. dönem; $p < 0.001$). Buna karşın, en düşük pH değeri kontrol ortamında ölçülmüştür. Ayrıca, hem I. hem de II. yetiştiricilik dönemlerinde her iki uygulama dozunun arttıkça ortam pH'sının da benzer olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.5). Yetiştirme ortamının elektriksel iletkenliği (EC) I. yetiştiricilik döneminde VK ve IVK %60, II. yetiştiricilik döneminde ise VK %60 uygulamaları ile istatistiki açıdan en fazla artış göstermiştir (I. dönem; $p < 0.001$ ve II. dönem; $p < 0.05$). Diğer taraftan, birinci yetiştiricilik döneminde hem VK hem de IVK uygulamalarının dozu arttıkça ortam EC'si benzer olarak artış göstermiş iken II. yetiştiricilik döneminde sadece VK uygulamasında benzer şekilde bir artış ortaya çıkmıştır (Şekil 4.5).

Çizelge 4.3. Uygulamaların fide yetiştirme ortamının pH ve EC'si üzerine etkisi

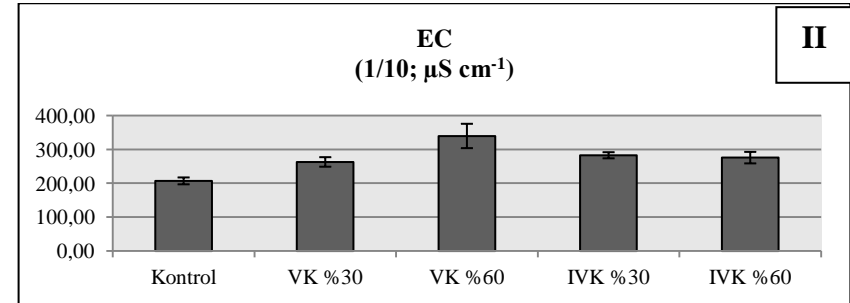
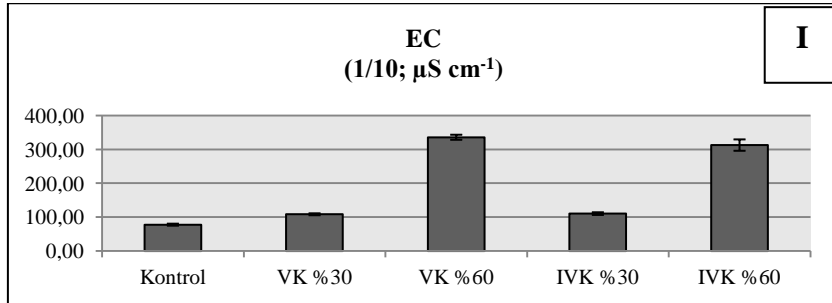
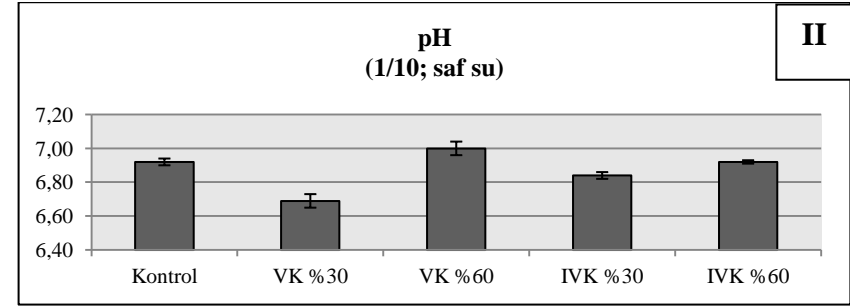
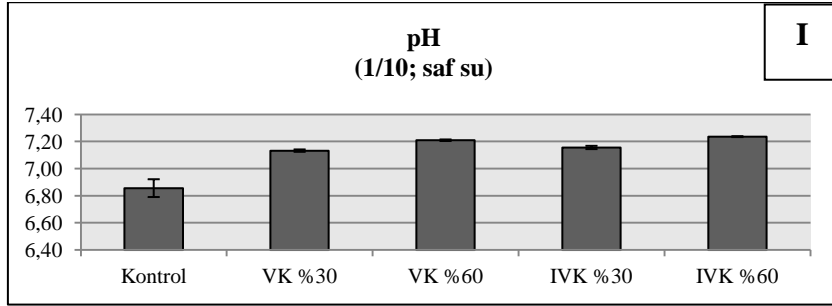
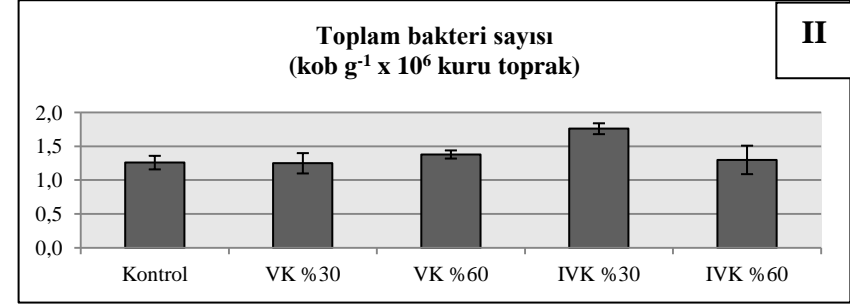
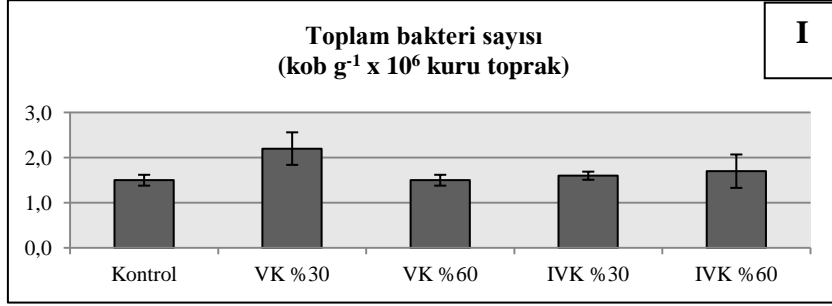
Uygulamalar	pH (1/10; saf su)		EC (1/10; saf su- $\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	6.86c ¹	6.92ab	77.89c	207.10c
VK30	7.13b	6.69c	108.53b	263.00bc
IVK30	7.16ab	6.84b	110.53b	282.67ab
VK60	7.21ab	7.00a	335.83a	339.67a
IVK60	7.24a	6.92ab	312.67a	275.67ab
ANOVA (Tek yön; LSD%5)	25.277*** ²	21.176***	209.403***	5.738* ³

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

3 *; %5 düzeyinde önemlidir.

Fide yetiştirme ortamının pH değerlerinin iki ayrı yetiştiricilik döneminde de artış göstermesi sürpriz olarak değerlendirilebilir. Ancak, bilinenin aksine organik gübrelerin her zaman ortam pH'sını düşürücü etki göstermediği hatta alkali reaksiyona sahip bazı organik gübrelerin pH'yı yükseltici etkilerinin olduğu gösterilmiştir (Kacar ve Katkat 2007). Yetiştirme ortamının tuzluluğunun bir ifadesi olan EC değerlerinin gübre uygulamaları ile iki yetiştiricilik döneminde de artmış olması da normal karşılanabilir. İlginç olan ise bu artışın tohum çimlenmesini baskılayacak boyutlara ulaşmış olmasıdır. Çünkü tarım yapılan alanlarda organik gübre uygulaması ile toprakta EC artışlarının daha yavaş ve kontrollü olduğu bu sayede toprakta tuzluluk probleminin ortaya çıkmadığı bildirilmektedir (Schepers 1988; Weston ve Seeling 1994; Kessavalou vd. 1996; Gerke vd. 1999). Toprak ortamında bu gübre her ne kadar tuzluluğa sebep olmasa da bitkinin tuza en hassas olduğu tohum çimlenmesi evresinde ve fide yetiştirme ortamında bu bilginin doğru olmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 4.5. Uygulamaların marul fidesi yetiştirme ortamını pH, EC ve bakteri sayısı üzerine etkileri (I: Birinci yetiştiricilik dönemi, II: İkinci yetiştiricilik dönemi)

4.2. Serada Yetiştiricilik Aşamasında İncelenen Kriterler

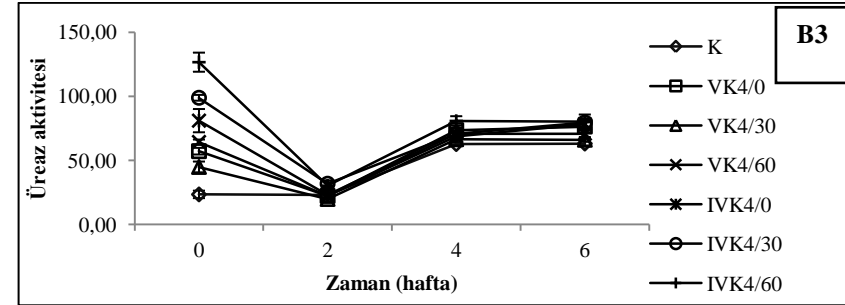
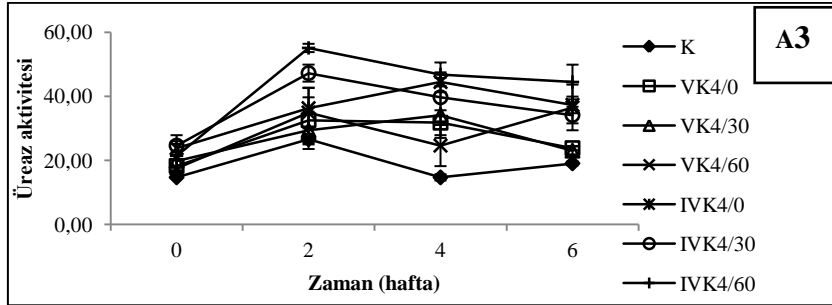
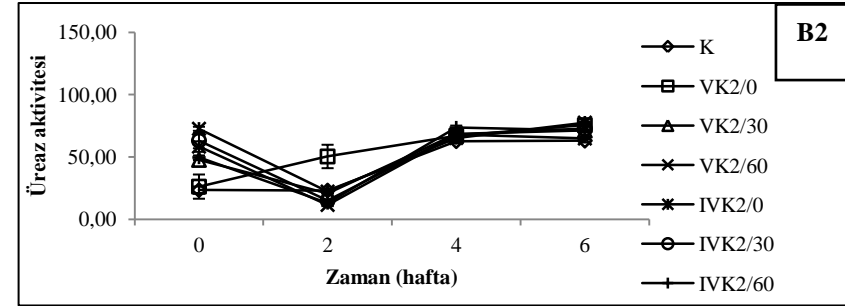
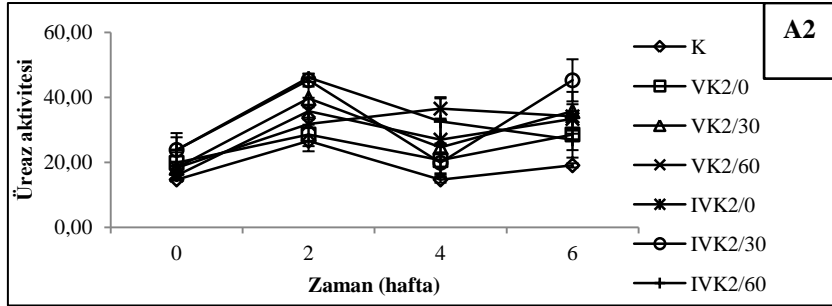
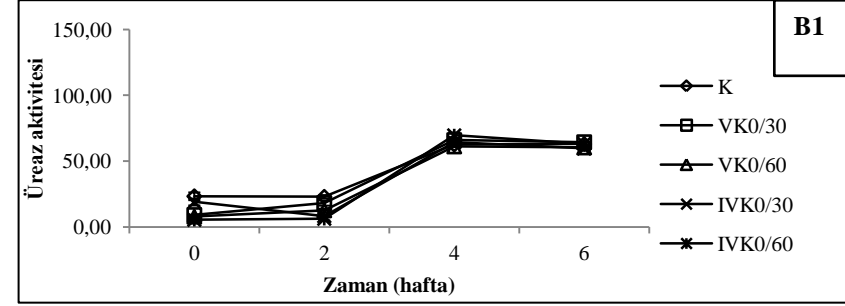
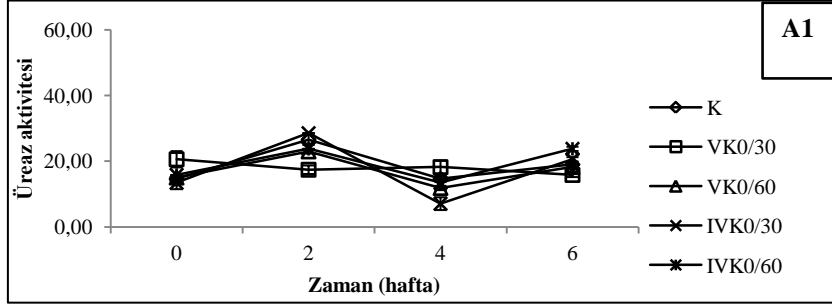
4.2.1. Enzim aktiviteleri

Çalışma kapsamında serada yetiştiricilik aşamasında ilgilenilen toprak enzim aktivitelerindeki değişimler normal toprak ve rizosfer toprağı olmak üzere iki ayrı numune üzerinden incelenmiştir. Bitki kökünden salgılanan enzimler ve diğer kök salgılarından bağımsız olarak normal toprak, bitki kökü ile ilintili alandan ise rizosfer toprağı numunesi elde edilmiştir. Bu numunelerde, toprağın enzim aktivitelerindeki değişimler zamana ve uygulamalara bağılı olarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçlar hem grafik olarak (standart sapma ve hata çubukları ile desteklenmiş) hem de istatistiksel olarak gösterilerek yorumlanmıştır. Bu bağlamda, enzim aktivitelerindeki değişimler sadece gübre uygulamaları özelinde değil zamana bağılı olarak da ele alınmıştır.

Üreaz aktivitesi (normal toprak)

Normal toprağın üreaz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Grafikler total olarak incelendiğinde, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağılı olarak üreaz aktivitesinin dalgalanmalar gösterdiği gözlenmektedir. Birinci yetiştiricilik dönemi için 2. ve 6. haftalarda aktivitenin arttığı, 4. haftada ise azaldığı görülmektedir. Uygulamalar açısından, genelde gübre uygulamalarının dozlarının arttıkça kontrole göre enzim aktivitesini daha fazla arttırdığı da göze çarpmaktadır. İkinci yetiştiricilik dönemi için ise enzim aktivitesinin 2. hafta düşüş (kontrol hariç), 4. Hafta ise artış ve 6. Haftada ise dengelenme gösterdiği gözlenmektedir. Genel olarak, uygulama dozlarının artışına bağılı olarak toprağın üreaz aktivitesinin kontrole göre daha fazla arttığı görülmektedir. Ancak, uygulamalar arasında büyük farklılıklar olmadığı da dikkati çekmektedir.

Farklı özelliklerde iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı üreaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.4'te gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların üreaz aktiviteleri; K: 14.68-23.02, VK0/30: 15.87-20.63, VK0/60: 11.90-23.02, VK2/0: 19.84-28.57, VK2/30: 18.25-39.68, VK2/60: 18.25-36.51, VK4/0: 18.25-32.54, VK4/30: 19.84-34.13, VK4/60: 17.46-36.51 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 7.14-28.57, IVK0/60: 13.49-23.81, IVK2/0: 15.96-35.71, IVK2/30: 19.84-45.24, IVK2/60: 23.81-46.03, IVK4/0: 23.81-44.44, IVK4/30: 24.60-47.22, IVK4/60: 21.43-55.08 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 23.02-63.06, VK0/30: 9.13-66.03, VK0/60: 7.94-61.27, VK2/0: 26.19-75.56, VK2/30: 20.63-71.19, VK2/60: 11.51-68.02, VK4/0: 22.22-76.35, VK4/30: 19.84-66.43, VK4/60: 22.22-78.33 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 8.33-64.44, IVK0/60: 5.56-69.60, IVK2/0: 22.22-77.54, IVK2/30: 15.08-72.78, IVK2/60: 13.10-73.57, IVK4/0: 23.02-80.95, IVK4/30: 31.75-98.81, IVK4/60: 30.16-126.59 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.4'te görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın üreaz aktivitesi; 0.hafta 13.49-24.60, 2.hafta 17.46-55.08, 4.hafta 7.14-46.83, 6.hafta 15.87-45.24 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.6. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; **A2**: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; **A3**: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; **B1**: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; **B2**: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; **B3**: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.4. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
K	14.68	23.41	26.59	23.02	14.68	62.66	19.05	63.06	17.86GH ^{1,2}	44.33GH
VK0/30	20.63	9.13	17.46	18.25	18.25	66.03	15.87	64.44	16.60H	40.36HI
VK0/60	15.08	7.94	23.02	12.70	11.90	61.27	18.25	60.48	17.13GH	35.40I
VK2/0	19.84	26.19	28.57	50.40	20.63	66.83	28.57	75.56	24.80EFG	54.64CDEF
VK2/30	18.25	47.62	39.68	20.63	24.60	68.41	35.71	71.19	28.24BCDEF	51.86DEF
VK2/60	18.25	58.33	31.75	11.51	36.51	68.02	34.13	64.84	31.28BCDE	49.29FG
VK4/0	18.25	57.14	32.54	22.22	31.75	73.57	23.81	76.35	25.86DEF	57.02CD
VK4/30	19.84	44.84	29.37	19.84	34.13	66.43	23.02	66.03	24.54EFG	50.08EFG
VK4/60	17.46	64.29	34.92	22.22	24.60	68.81	36.51	78.33	31.68BCDE	59.21C
IVK0/30	13.49	19.05	28.57	8.33	7.14	64.44	20.63	59.68	17.92GH	39.17HI
IVK0/60	15.87	5.56	23.81	6.35	13.49	69.60	23.81	63.25	21.10FGH	35.40I
IVK2/0	15.96	72.62	35.71	22.22	26.98	65.24	33.33	77.54	26.56CDEF	54.64CDEF
IVK2/30	23.81	63.10	45.24	15.08	19.84	67.62	45.24	72.78	33.00BCD	56.03CDE
IVK2/60	23.81	49.60	46.03	13.10	32.54	73.57	26.98	71.19	31.28BCDE	51.27DEF
IVK4/0	23.81	80.95	36.27	23.02	44.44	70.79	37.30	70.79	33.93ABC	57.02CD
IVK4/30	24.60	98.81	47.22	31.75	39.68	70.79	34.13	79.52	35.09AB	70.52B
IVK4/60	21.43	126.59	55.08	30.16	46.83	80.71	44.44	80.32	40.73A	78.65A
Ortalama (zaman)	18.59c ³	53.22b	33.07a	19.19c	27.11b	68.86a	29.61b	69.84a		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	27.145***					551.559*** ⁵				
Uygulama	8.915***					33.565***				
Uygulama x Zaman	1.386* ⁴					14.477***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *: %5 düzeyinde önemlidir.

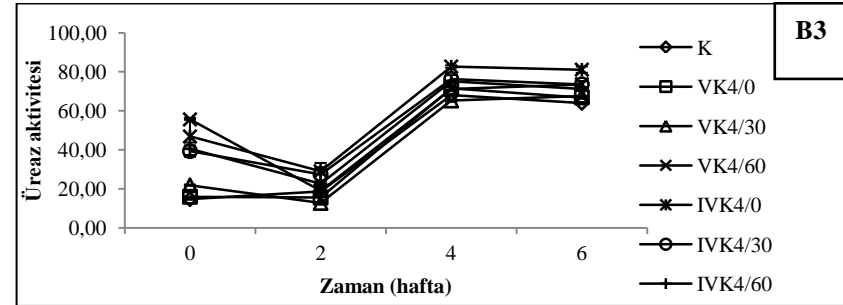
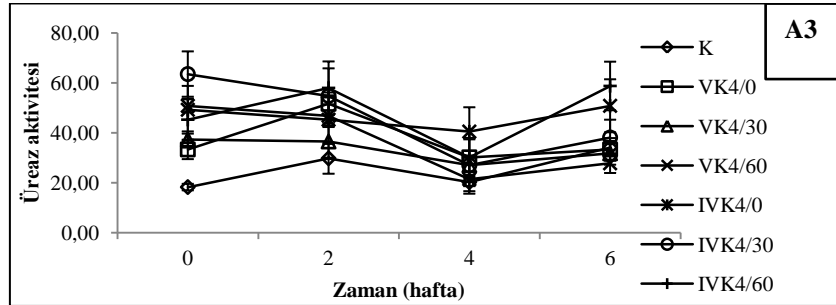
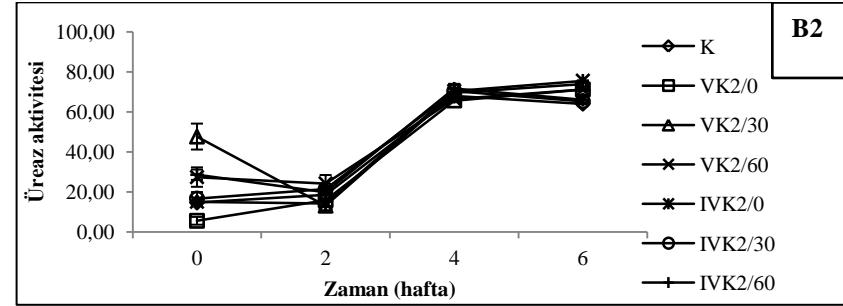
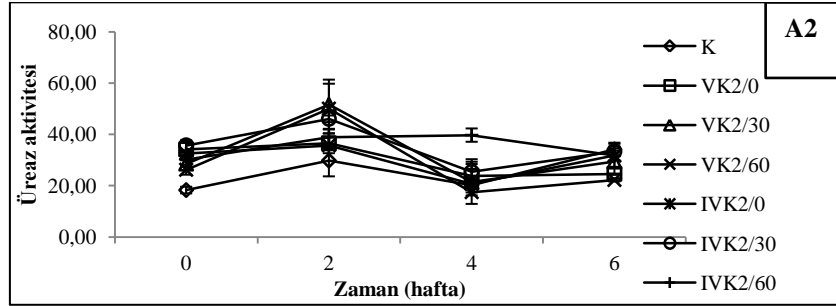
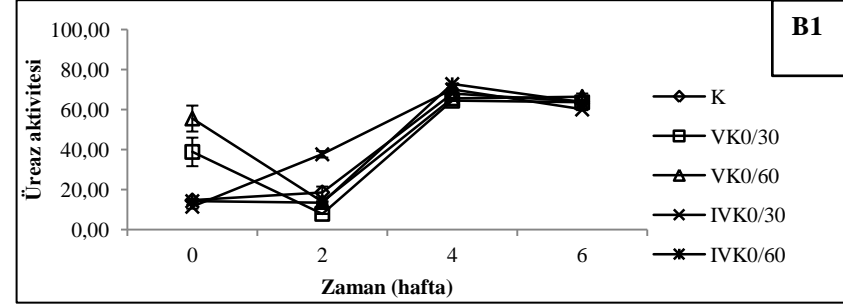
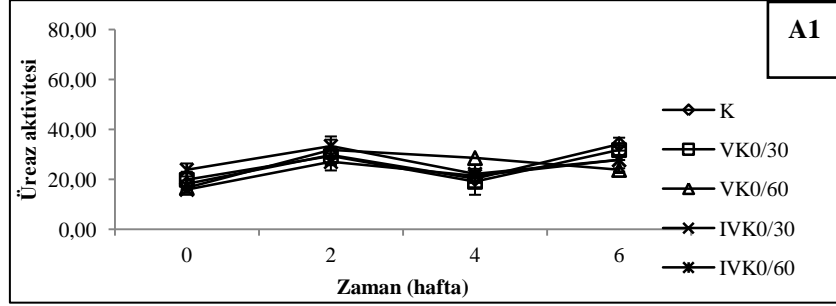
5 ***: %0.1 düzeyinde önemlidir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkilerin istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna bağlı olarak, gübre uygulamalarının ortalama değerleri dikkate alındığında IVK4/60 ($40.73 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiksel olarak toprağın üreaz aktivitesini kontrole ve diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ortalama değerlere göre 2.haftada toprağın üreaz aktivitesinin en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkilerin istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi yine IVK4/60 ($78.65 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının üreaz aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 4. ve 6.haftalarda ölçülen değerlerin en yüksek aktivite değerleri olduğu belirlenmiştir.

Üreaz aktivitesi (rizosfer toprağı)

Rizosfer toprağının üreaz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. yetiştiricilik döneminde 2.haftada bariz bir artış ile birlikte 6.haftada da özellikle düşük dozda aktivitede artış olduğu görülebilmektedir. Uygulama dozu arttıkça 4 ve 6.haftalarda aktivitenin sırasıyla azaldığı ve sabitlendiği dikkati çekmektedir. Gübre uygulamalarına bağlı olarak üreaz aktivitesinin seyrinin belli bir düzende olmadığı gübre tipi ve uygulama dozuna göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Tüm uygulamaların kontrole göre genel olarak enzim aktivitesini arttırdığı hatta gübre dozu arttıkça aktivite artışının belirginleştiği tespit edilmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise 2.hafta itibari ile küçük bir düşüş gösteren aktivitenin 4.haftada büyük bir sıçrama gösterdiği ve 6.hafta itibari ile de sabitlendiği göze çarpmaktadır. Gübre tipi ve uygulama dozuna bağlı enzim aktivite değerlerinin benzerlik gösterdiği ancak uygulamalar arasında aktivitenin genel seyri açısından bariz farklılıklar bulunmadığı tespit edilmiştir.

VK ve IVK uygulamalarının farklı dozlarının marul rizosferi toprağının üreaz aktivitesi üzerine etkileri Çizelge 4.5'te gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların üreaz aktiviteleri; K: 18.25-34.13, VK0/30: 19.05-31.75, VK0/60: 16.67-31.75, VK2/0: 23.81-24.60, VK2/30: 21.43-51.59, VK2/60: 17.46-50.00, VK4/0: 30.16-51.59, VK4/30: 26.98-37.30, VK4/60: 21.43-50.79 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 15.87-27.78, IVK0/60: 22.22-33.33, IVK2/0: 20.63-35.71, IVK2/30: 25.40-46.03, IVK2/60: 30.16-39.68, IVK4/0: 40.48-50.79, IVK4/30: 26.98-63.49, IVK4/60: 30.16-58.73 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 14.68-68.02, VK0/30: 7.94-64.44, VK0/60: 13.89-66.43, VK2/0: 5.56-71.19, VK2/30: 13.10-73.97, VK2/60: 24.21-71.19, VK4/0: 15.48-71.59, VK4/30: 12.70-67.62, VK4/60: 19.05-73.57 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 11.51-70.00, IVK0/60: 13.49-72.78, IVK2/0: 14.29-75.56, IVK2/30: 16.67-70.40, IVK2/60: 19.84-71.59.



Şekil 4.7. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da⁻¹; A2: I.dönem, 2 t da⁻¹; A3: I.dönem, 4 t da⁻¹; B1: II.dönem, 0 t da⁻¹; B2: II.dönem, 2 t da⁻¹; B3: II.dönem, 4 t da⁻¹)

Çizelge 4.5. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının üreaz aktivitesi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	18.25	14.68	29.76	18.65	20.24	68.02	34.13	64.05	25.13EF ^{1,2}	42.34EF
VK0/30	19.84	38.89	29.37	7.94	19.05	64.44	31.75	63.65	23.88F	41.35EF
VK0/60	16.67	55.56	31.75	13.89	28.57	65.64	23.81	66.43	27.05DEF	48.69CD
VK2/0	34.13	5.56	36.51	15.87	23.81	65.64	24.60	71.19	29.56CDEF	39.76F
VK2/30	28.57	47.62	51.59	13.10	21.43	69.60	29.37	73.97	32.21CDE	48.49CD
VK2/60	26.19	27.38	50.00	24.21	17.46	66.43	22.22	71.19	30.88CDEF	47.70CD
VK4/0	33.33	15.87	51.59	15.48	30.16	71.59	33.33	66.83	34.99CD	42.74EF
VK4/30	37.30	21.83	36.51	12.70	26.98	65.24	31.75	67.62	32.87CDE	41.94EF
VK4/60	50.79	55.56	46.83	19.05	21.43	71.19	27.78	73.57	36.18BC	54.45B
IVK0/30	15.87	11.51	26.98	37.70	21.43	70.00	27.78	60.08	23.08F	43.93DEF
IVK0/60	23.81	14.29	33.33	13.49	22.22	72.78	27.78	63.65	25.99EF	41.15EF
IVK2/0	32.54	15.08	35.71	14.29	20.63	70.40	31.75	75.56	32.61CDE	44.33DEF
IVK2/30	35.71	16.67	46.03	21.43	25.40	70.40	33.33	65.24	37.63BC	45.91DE
IVK2/60	30.16	28.57	38.89	19.84	39.68	71.59	31.75	66.03	35.65BC	44.52DEF
IVK4/0	49.21	46.83	45.24	28.97	40.48	82.70	50.79	81.11	43.05AB	59.40A
IVK4/30	63.49	39.29	54.76	27.38	26.98	76.35	38.10	73.57	47.16A	51.07BC
IVK4/60	45.24	40.48	57.94	22.62	30.16	75.16	58.73	71.19	47.69A	51.47BC
Ortalama (zaman)	32.76b ³	26.84b	41.64a	19.61c	26.41c	70.47a	32.28b	68.79a		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	26.798***					1309.925*** ⁵				
Uygulama	9.019***					12.020***				
Uygulama x Zaman	1.494* ⁴					6.686***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.5'te verilmiştir. Birinci dönem yetiştiriciliğinde marul rizosfer toprağının üreaz aktivitesindeki değişimler incelenmiş ve buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkilerin istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna bağlı olarak, gübre uygulamalarının ortalama değerleri dikkate alındığında IVK4/60 ($47.69 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiksel olarak toprağın üreaz aktivitesini kontrole ve diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ortalama değerlere göre 2.haftada toprağın üreaz aktivitesinin en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkilerin istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi IVK4/0 ($59.40 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 4. ve 6.haftalarda ölçülen değerlerin en yüksek aktivite değerleri olduğu belirlenmiştir.

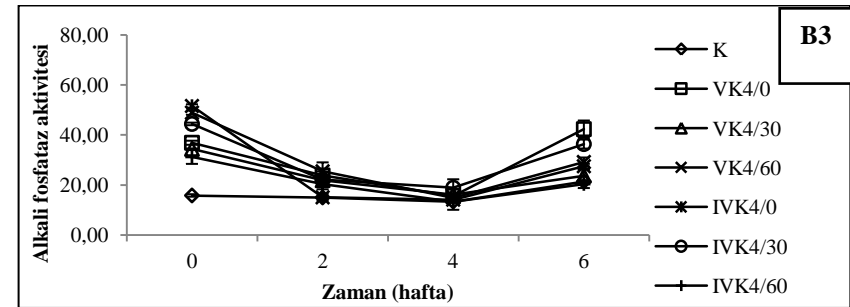
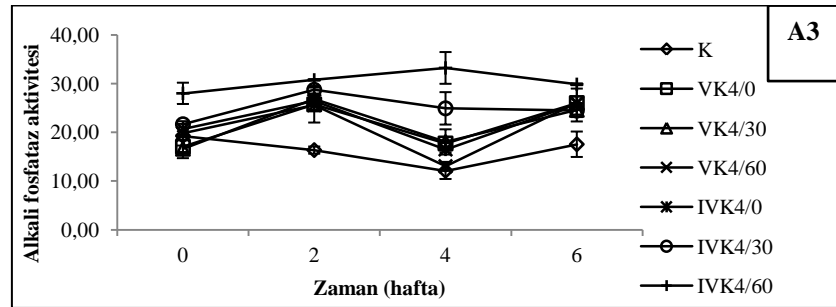
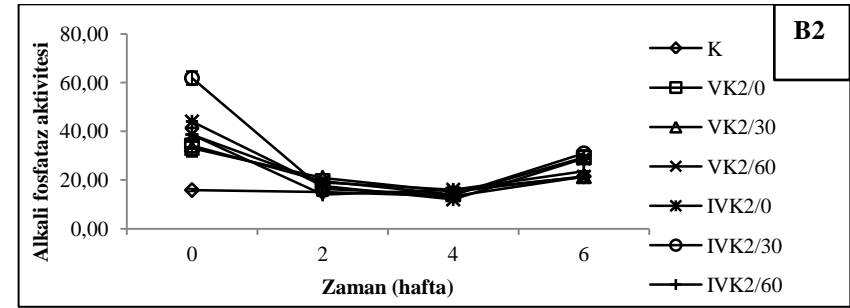
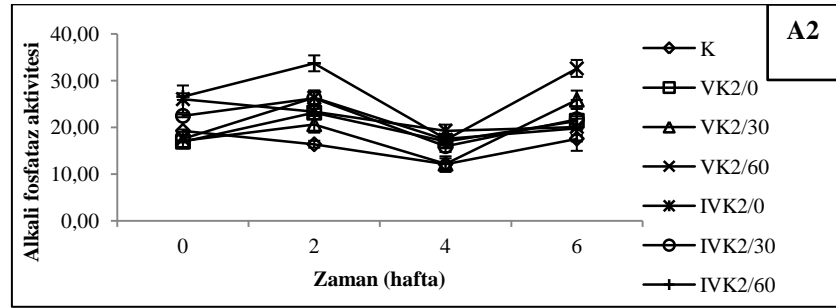
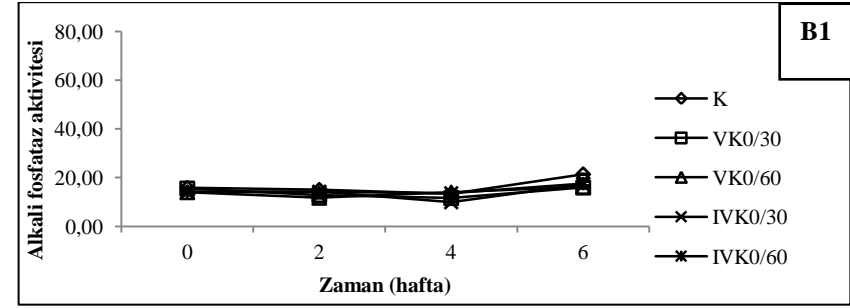
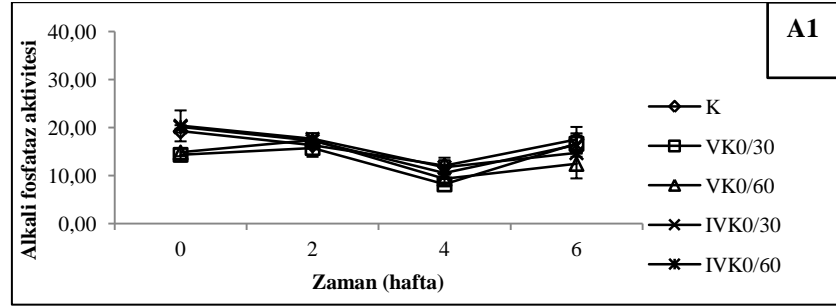
Bu çalışmada, üreaz aktivitesinin hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında ölçülen değerleri incelendiğinde dönemler arasında enzim aktivitesinin ciddi bir artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca, hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında iki ayrı yetiştiricilik döneminde de üreaz aktivitesini en fazla arttıran uygulamaların sadece IVK'lı uygulamalar olduğu, bunların da gübrenin hem birleşik hem de tek başına olan dozları olduğu (sırasıyla 4/60 ve 4/0) belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan ısıtılmış işlem görmüş vermikompostun organik madde (IVK: %48.15, VK: %46.98) ve toplam N (IVK: %1.8, VK: %1.5) bakımından daha zengin olması sebebiyle topraktaki üreaz enzimi salgılayan mikroorganizmaları daha çok teşvik etmiş olabileceği düşünülmektedir. Nitekim, toprağa organik gübre ilavesi ile üreaz aktivitesinde meydana gelen artışın esas olarak gübrenin organik madde ve azot içeriği ile yakından ilişkili olduğu, gübredeki azotun üreaz enzimi için substrat görevi görerek bu enzimin aktivitesini teşvik ettiği bildirilmektedir (Dick ve Tabatabai 1992; Tavalı 2011).

Gübreler ile toprağa verilen organik maddeye bağlı konumdaki besin elementlerinin mineralizasyonu açısından üreaz aktivitesinin seyrine bakıldığında hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında benzer bir durum ortaya çıktığı dikkati çekmektedir. Kullanılan gübrelerin C/N oranlarının (sırasıyla 18/1 ve 16/1) birbirine çok yakın olduğu ve bu parametre için önemli bir rol üstlendiği düşünülürse bu koşullarda vermikompostun N mineralizasyonunun güz dönemi marul yetiştiriciliği için 2 hafta, bahar dönemi yetiştiriciliği için de 4 hafta civarında olabileceği muhtemeldir. Diğer taraftan, rizosfer toprağı ve normal toprağın aktivite değerleri birbirlerine kıyaslandığında çok büyük rakamsal farklılıklar olmadığı görülmektedir. Topraklar arasında rakamsal olarak önemli farklılık olmaması üreaz enziminin toprak mikrobiyal dinamiği ile yakın ilişki içerisinde olduğu varsayımını akla getirmektedir. Nitekim, geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda araştırmacılar üreaz aktivitesindeki artış ile toprak biyotasının populasyon dinamikleri arasında önemli bağlantı bulunduğunu ve enzimin kaynağının esas itibari ile mikroorganizmalar olduğunu bildirmişlerdir (Speir 1977; Albiach vd. 2000; Powlson ve Olk 2000).

Alkali fosfataz aktivitesi (normal toprak)

Deneme alanındaki parsellerden normal toprak örnekleri elde edilmiştir. Bu örneklerde, toprağın alkali fosfataz aktivitesindeki değişimler zamana ve uygulamalara bağlı olarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Normal toprakta hesaplanan alkali fosfataz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Grafikler total olarak incelendiğinde, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak alkali fosfataz aktivitesinin dalgalanmalar gösterdiği gözlenmektedir. Birinci yetiştiricilik dönemi için genel olarak 2. ve 6. haftalarda aktivitenin arttığı, 4. haftada ise azaldığı görülmektedir. Uygulamalar açısından, genelde düşük dozda belirgin bir farklılık gözükmezken gübre dozlarındaki artış ile beraber tüm gübre uygulamalarının kontrole göre enzim aktivitesini daha fazla arttırdığı da göze çarpmaktadır. İkinci yetiştiricilik dönemi için ise enzim aktivitesinin ölçüm haftaları bazında başlangıca göre düşüş göstermesine karşın 6.haftaya gelindiğinde tekrar bir artış trendine girdiği göze çarpmaktadır. Bu süreçte gübre uygulamalarının dozlarının arttıkça ölçülen aktivite değerinin de yükseldiği görülmesine karşın özellikle uygulamaların kontrole göre belirgin bir üstünlük sağlayamadıkları dikkati çekmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı alkali fosfataz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların alkali fosfataz aktiviteleri; K: 12.08-19.24, VK0/30: 8.18-16.66, VK0/60: 9.36-17.38, VK2/0: 16.88-23.09, VK2/30: 12.17-25.86, VK2/60: 17.29-32.57, VK4/0: 17.02-25.99, VK4/30: 16.61-26.81, VK4/60: 13.03-26.04 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 11.71-20.37, IVK0/60: 10.54-20.15, IVK2/0: 19.24-25.99, IVK2/30: 15.93-26.18, IVK2/60: 17.52-33.66, IVK4/0: 16.47-26.45, IVK4/30: 21.64-28.71, IVK4/60: 27.99-33.20 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 13.39-21.42, VK0/30: 11.65-15.95, VK0/60: 11.76-16.18, VK2/0: 14.03-34.13, VK2/30: 15.18-33.09, VK2/60: 15.95-38.60, VK4/0: 15.64-42.31, VK4/30: 16.13-34.43, VK4/60: 14.91-48.91 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 9.92-17.31, IVK0/60: 13.62-17.56, IVK2/0: 11.96-43.97, IVK2/30: 13.87-61.78, IVK2/60: 13.94-38.53, IVK4/0: 14.14-51.56, IVK4/30: 18.94-44.40, IVK4/60: 13.35-31.18 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.6'da görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın alkali fosfataz aktivitesi; 0.hafta 14.34-27.99, 2.hafta 15.75-33.66, 4.hafta 8.18-33.20, 6.hafta 12.44-32.57 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 14.03-61.78, 2.hafta 11.76-25.45, 4.hafta 9.92-18.94, 6.hafta 15.95-42.31 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.8. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; A2: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; A3: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; B1: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; B2: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; B3: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.6. Gübre uygulamalarının marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	19.24	15.82	16.34	15.02	12.08	13.39	17.54	21.42	15.99F ²	16.15G
VK0/30	14.34	15.57	15.75	12.85	8.18	11.65	16.66	15.95	13.74F	13.44G
VK0/60	14.84	14.03	17.38	11.76	9.36	13.94	12.44	16.18	13.26F	13.34G
VK2/0	16.88	34.13	23.09	19.53	16.97	14.03	21.37	29.19	19.19E	26.46CD
VK2/30	17.11	33.09	20.60	20.85	12.17	15.18	25.86	21.48	19.04E	22.55F
VK2/60	17.52	38.60	26.31	19.04	17.29	15.95	32.57	21.28	21.74CDE	22.60F
VK4/0	17.02	36.87	25.72	23.80	17.70	15.64	25.99	42.31	22.31CD	28.24ABCD
VK4/30	16.61	34.43	26.81	21.91	18.02	16.13	24.59	23.73	20.85DE	22.92EF
VK4/60	19.78	48.91	25.59	25.45	13.03	14.91	26.04	29.19	21.82CDE	28.91ABC
IVK0/30	20.37	14.23	17.65	14.25	11.71	9.92	14.71	17.31	15.58F	14.40G
IVK0/60	20.15	14.03	17.24	14.07	10.54	13.62	16.38	17.56	16.04F	14.84G
IVK2/0	25.99	43.97	23.32	17.52	19.24	11.96	20.06	28.78	21.12DE	25.64DE
IVK2/30	22.41	61.78	26.18	16.41	15.93	13.87	21.69	30.89	21.28CDE	31.15A
IVK2/60	26.54	38.53	33.66	13.94	17.52	16.00	19.74	23.55	24.32BC	23.30EF
IVK4/0	20.64	51.56	26.45	15.07	16.47	14.14	25.90	27.49	22.61CD	27.09BCD
IVK4/30	21.64	44.40	28.71	22.12	24.91	18.94	24.45	36.35	25.65B	29.63AB
IVK4/60	27.99	31.18	30.75	20.40	33.20	13.35	29.85	20.35	30.38A	22.04F
Ortalama (zaman)	20.10c ^{1,3}	34.07a	23.77a	17.48c	15.69d	14.15d	21.61b	24.34b		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	52.942**** ⁴					351.797***				
Uygulama	21.105***					38.656***				
Uygulama x Zaman	3.037***					13.180***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

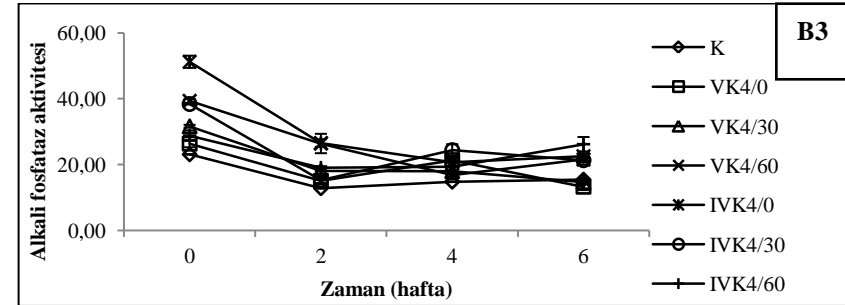
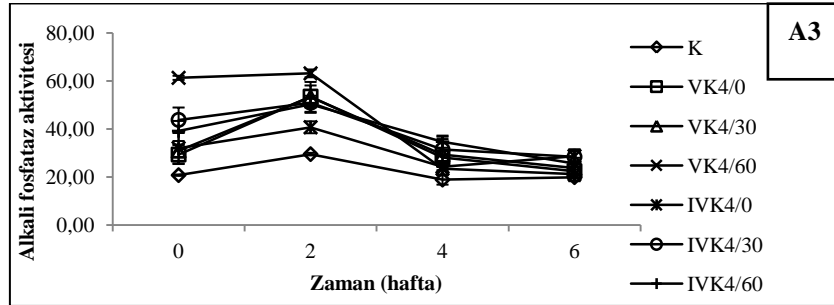
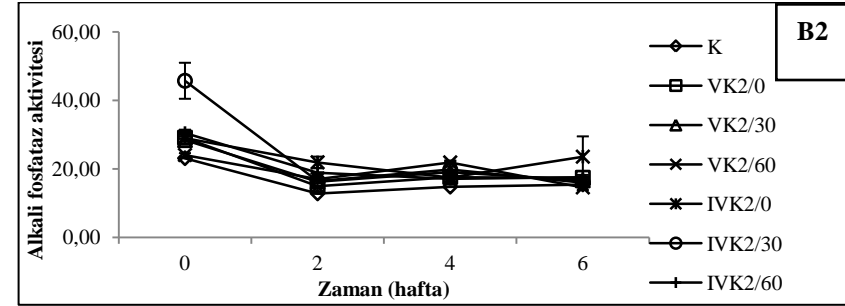
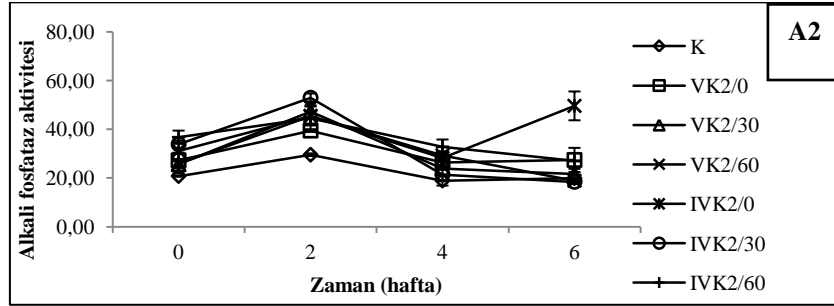
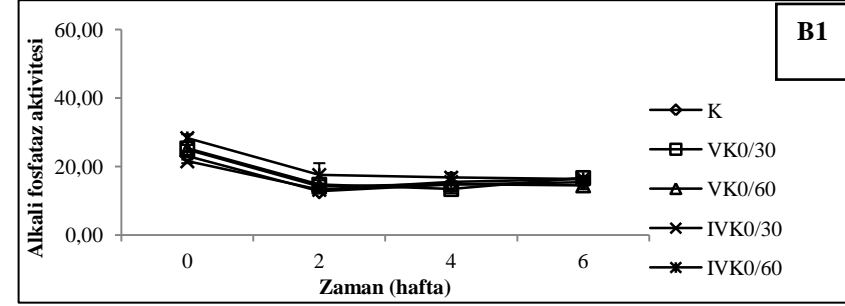
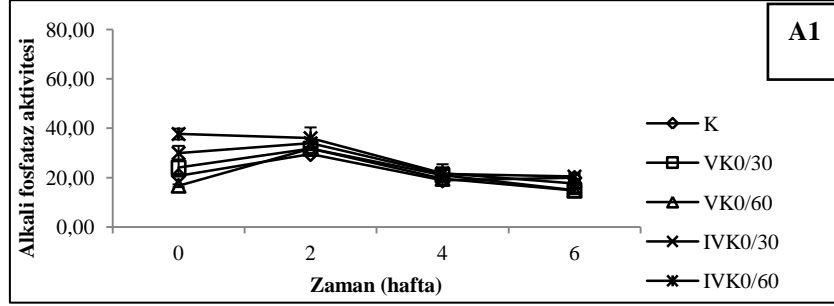
4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu bağlamda, I. dönem marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın alkali fosfataz aktivitesindeki değişimler incelenmiştir. Buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkileşimin toprağın alkali fosfataz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Gübre uygulamalarının ortalama değerleri dikkate alındığında IVK4/60 ($30.38 \mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiksel olarak toprağın alkali fosfataz aktivitesini kontrole ve diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ortalama değerlere göre 2.haftada toprağın alkali fosfataz aktivitesinin en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkileşimin enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi IVK2/30 ($31.15 \mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 0.haftada ölçülen değerlerin en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

Alkali fosfataz (rizosfer toprağı)

Rizosfer toprağının alkali fosfataz aktivitesindeki değişimler zamana ve uygulamalara bağlı olarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Hesaplanan alkali fosfataz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. yetiştiricilik dönemi için genel olarak sadece 2.haftada enzim aktivitesinin artış gösterdiği daha sonraki haftalarda ise düşüş seyrinde olduğu görülmektedir. Enzim aktivitesindeki değişimler açısından genel olarak doz artışının kontrole göre uygulamalara bir üstünlük sağladığı görülmektedir. İkinci yetiştiricilik dönemi için ise enzim aktivitesinin başlangıca göre düşüşe geçtiği sonrasında da düşük seyrinde ilerleyerek sabitlendiği görülmektedir. Bu süreçte her ne kadar yüksek gübre dozunda enzim aktivitesi artmış gözükse de uygulamaların kontrole göre belirgin bir üstünlük sağlayamadıkları göze çarpmaktadır.

Farklı karakterlerdeki iki vermicompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı alkali fosfataz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.7'de gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların alkali fosfataz aktiviteleri; K: 18.90-29.51, VK0/30: 14.89-31.80, VK0/60: 14.75-31.75, VK2/0: 26.31-39.41, VK2/30: 21.60-47.30, VK2/60: 18.83-45.35, VK4/0: 22.46-53.47, VK4/30: 23.68-53.33, VK4/60: 21.19-63.12 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 20.46-33.93, IVK0/60: 17.65-36.01, IVK2/0: 25.86-49.55, IVK2/30: 18.38-52.88, IVK2/60: 26.95-44.49, IVK4/0: 24.32-40.68, IVK4/30: 28.40-50.88, IVK4/60: 25.59-50.25 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 12.79-23.08, VK0/30: 13.44-25.31, VK0/60: 14.16-24.97, VK2/0: 14.96-29.08, VK2/30: 16.22-28.35, VK2/60: 14.55-24.02, VK4/0: 13.26-26.33, VK4/30: 14.68-31.62, VK4/60: 16.81-39.32 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 13.21-21.53, IVK0/60: 16.38-28.31, IVK2/0: 17.49-28.96, IVK2/30: 15.93-45.67.



Şekil 4.9. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; **A2**: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; **A3**: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; **B1**: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; **B2**: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; **B3**: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.7. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının alkali fosfataz aktivitesi ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	20.76	23.08	29.51	12.79	18.90	14.76	19.92	15.42	22.07FG ²	16.66H
VK0/30	24.09	25.31	31.80	14.73	20.96	13.44	14.89	16.68	22.80FG	17.13GH
VK0/60	16.75	24.97	31.75	14.16	19.56	14.82	14.75	14.50	20.78G	17.91FGH
VK2/0	27.22	29.08	39.41	14.96	26.31	17.58	27.35	17.38	30.39DE	20.30EF
VK2/30	25.63	28.35	47.30	16.22	23.91	19.01	21.60	16.59	29.14DE	20.26EF
VK2/60	31.12	24.02	45.35	17.02	29.30	21.85	18.83	14.55	29.95DE	19.77EFG
VK4/0	29.35	26.33	53.47	15.09	28.08	21.32	22.46	13.26	30.60DE	19.63EFG
VK4/30	30.94	31.62	53.33	18.08	29.30	18.02	23.68	14.68	34.22BCD	21.44DE
VK4/60	61.26	39.32	63.12	26.38	23.50	16.81	21.19	21.53	42.06A	25.19B
IVK0/30	29.98	21.53	33.93	13.21	21.46	15.50	20.46	16.34	25.96EF	16.88GH
IVK0/60	37.69	28.31	36.01	17.54	21.82	16.77	17.65	16.38	26.49EF	17.91FGH
IVK2/0	25.86	28.96	45.40	21.87	28.12	17.49	49.55	23.52	36.09BC	23.26BCD
IVK2/30	33.79	45.67	52.88	16.45	21.37	19.76	18.38	15.93	32.96CD	23.59BCD
IVK2/60	36.69	30.44	44.49	18.85	32.75	17.06	26.95	17.58	35.92BC	21.76CDE
IVK4/0	31.98	51.20	40.68	26.52	24.32	20.69	28.67	22.50	30.60DE	30.45A
IVK4/30	43.76	38.37	50.88	15.23	31.48	24.36	28.40	21.30	38.68AB	24.45BC
IVK4/60	39.14	28.76	50.25	19.08	34.70	19.28	25.59	26.18	36.38BC	22.29CDE
Ortalama (zaman)	30.94b ^{1,3}	30.52a	43.40a	17.84b	26.39c	18.91b	23.32d	17.84b		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	129.134*** ⁴					187.258***				
Uygulama	14.125***					14.150***				
Uygulama x Zaman	3.433***					3.499***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.7’de görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın alkali fosfataz aktivitesi; 0.hafta 16.75-61.26, 2.hafta 29.51-63.12, 4.hafta 18.90-34.70, 6.hafta 14.75-49.55 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 21.53-51.20, 2.hafta 12.79-26.52, 4.hafta 13.44-24.36, 6.hafta 13.26-26.18 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber interaksyonlarını kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.7’de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksyonun toprağın alkali fosfataz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna bağlı olarak, gübre uygulamalarının ortalama değerleri dikkate alındığında VK4/60 (42.06 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiki olarak toprağın alkali fosfataz aktivitesini kontrole ve diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ortalama değerlere göre 2.haftada toprağın alkali fosfataz aktivitesinin en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki interaksyonun enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiki olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi IVK4/0 (30.45 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 0.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

Alkali fosfataz aktivitesinin dönemler arası değişkenliği incelendiğinde genel olarak normal toprağın enzim aktivitesi artarken, rizosfer toprağının aktivitesinin ise bir miktar düştüğü dikkati çekmektedir. Rizosfer bölgesindeki yüksek mikrobiyal sayı ve çeşitlilik ile bunların faaliyetleri sonrası ortaya çıkan çeşitli mineraller (mineral P, Zn vb.) veya toksik bileşikler (fenoller, aldehitler vb) enzimin inhibisyonunu ortaya çıkarmış olabilir. Nitekim, çoğunlukla inorganik ortofosfat artışının topraktaki fosfataz aktivitesini inhibe edebildiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Nannipieri vd. 1978, Appiah vd. 1985, Lopez-Hernandez vd. 1989). Diğer taraftan, iki farklı yetiştiricilik dönemi beraber ele alındığında hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında (I. dönem hariç) alkali fosfataz aktivitesini en fazla arttıran uygulamaların yine IVK’lı uygulamalar olduğu görülmektedir. Fosfataz enzimi, toprağa uygulanan organik gübrenin organik madde miktarı ve organik P içeriği ile doğru orantılı olarak toprakta aktivite göstermekte ve organik gübre ilavesi ile ciddi artışlar göstermektedir (Kiss vd. 1976; Nannipieri vd. 1983). Bu noktadan hareketle, IVK gübresinin organik madde miktarı ve toplam P (9800 mg kg⁻¹) içeriğinin diğer gübreden daha yüksek olduğu bilgisine dayanarak literatüre uyumlu bir sonuç elde edildiği söylenebilir.

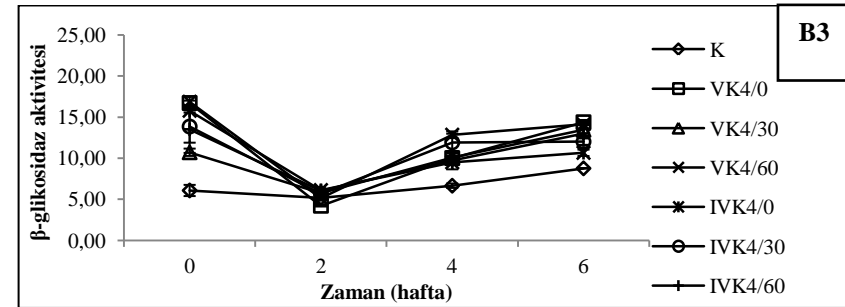
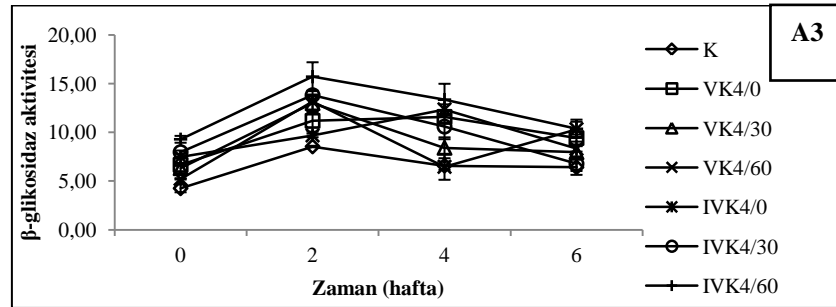
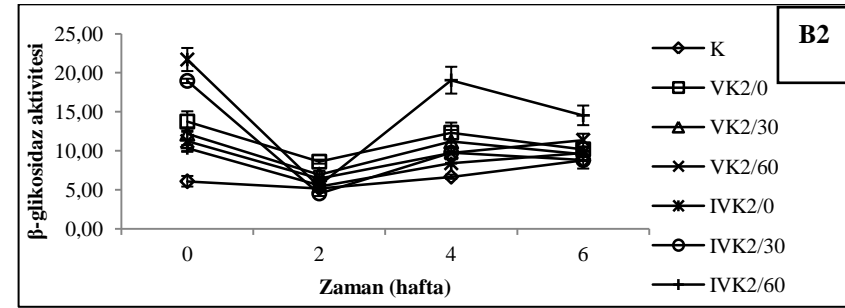
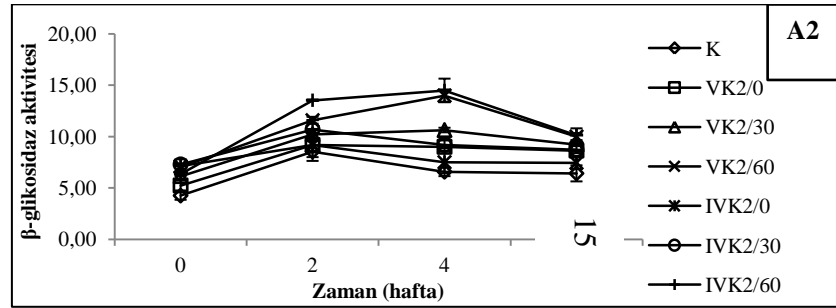
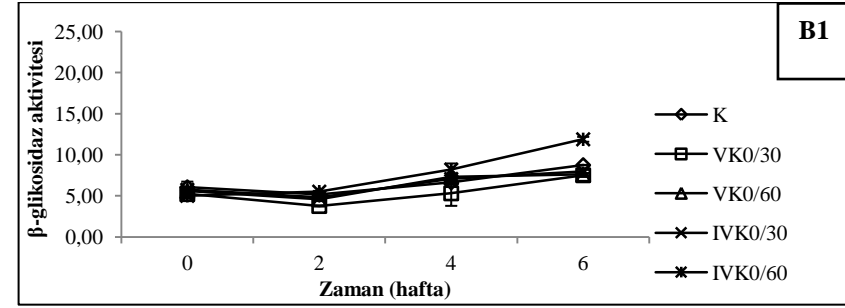
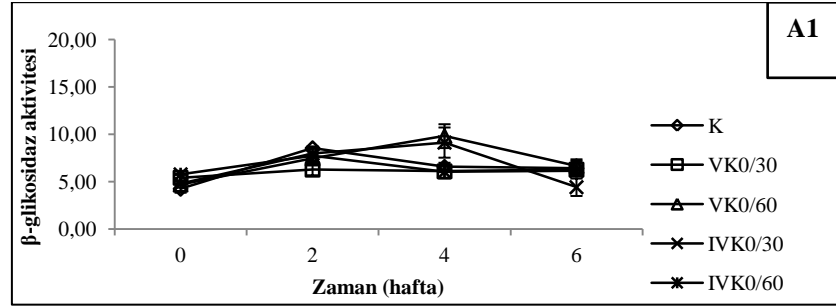
Organik gübrelerin toprakta ayrışma hızlarına etki eden faktörlerin başında gübrenin C/N önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmada kullanılan gübrelerin C/N oranları birbirlerine çok yakın olduğu için mineralizasyon hızlarının da yakın olduğu varsayılabilir. Hem normal toprağın hem de rizosfer toprağının organik P mineralizasyonlarının I. yetiştiricilik döneminde yaklaşık 2 hafta, II. yetiştiricilik döneminde ise çok daha kısa bir sürede gerçekleştiği tespit edilmiştir. Burada olduğu gibi dönemsel olarak sera içi ve toprak ortamı sıcaklığı gibi çalışma ortamı şartlarına bağlı olarak vermikompostun toprak ortamında ayrışma hızının yüksek olabileceğini

gösteren çalışmalar literatürde mevcuttur (Vinotha vd. 2000; Prabha vd. 2007; Aira vd. 2008). Bununla birlikte, rizosfer toprağı alkali fosfataz aktivitesi rakamları her ne kadar normal toprak aktivite rakamlarından yüksek gibi gözükse de bu farklılığın çok bariz bir farklılık olmadığı düşünülmektedir. Bu durum, rizosferdeki bitki kökü etkisinden ziyade toprağı uygulanan gübrelerin mikroorganizmaları teşvik edici, uyarıcı etkilerinden kaynaklı olduğu varsayımımızı kuvvetlendirmektedir.

β-glikosidaz (normal toprak)

Çalışma kapsamında ölçülen enzim aktivitelerinden bir tanesi de β-glikosidaz aktivitesidir. Normal toprağıın β-glikosidaz aktivitesindeki değişimler zamana ve uygulamalara bağılı olarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Hesaplanan β-glikosidaz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağılı olarak β-glikosidaz aktivitesinin seyrinde belirgin değişimler meydana geldiğı gözlenmektedir. Birinci yetiştiricilik dönemi için genel olarak 2.haftada enzim aktivitesinin artış gösterdiği daha sonraki haftalarda ise düşüş seyrinde olduğu görülmektedir. Enzim aktivitesinin gübre uygulamalarına bağılı olarak kontrole göre daha yüksek seyrettiğı görülmektedir. İkinci yetiştiricilik dönemi için ise yüksek dozda başlangıca göre enzim aktivitesinin düşüş gösterdiği ancak sonraki ölçüm haftalarında yüksek seyir gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, gübre uygulanan parsellerde ölçülen aktivite değerinin uygulanmayan parsellerden daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı β-glikosidaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların β-glikosidaz aktiviteleri; K: 4.25-8.54, VK0/30: 5.41-6.27, VK0/60: 4.69-9.81, VK2/0: 5.24-9.18, VK2/30: 6.14-10.63, VK2/60: 7.04-13.98, VK4/0: 6.65-11.58, VK4/30: 6.31-12.98, VK4/60: 5.22-13.16 µg PNG g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 4.42-9.13, IVK0/60: 5.77-7.72, IVK2/0: 7.11-9.18, IVK2/30: 7.28-10.67, IVK2/60: 6.34-14.48, IVK4/0: 7.46-12.35, IVK4/30: 6.77-13.80, IVK4/60: 9.28-15.70 µg PNG g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 5.16-8.76, VK0/30: 3.78-7.52, VK0/60: 4.60-7.61, VK2/0: 8.59-13.73, VK2/30: 6.93-12.17, VK2/60: 6.43-11.35, VK4/0: 4.21-16.70, VK4/30: 5.78-13.46, VK4/60: 5.14-16.86 µg PNG g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 4.82-7.97, IVK0/60: 5.03-11.90, IVK2/0: 5.39-21.69, IVK2/30: 4.51-18.94, IVK2/60: 5.55-19.04, IVK4/0: 6.12-15.77, IVK4/30: 5.68-13.84, IVK4/60: 6.05-13.50 µg PNG g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.8'de görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağıın β-glikosidaz aktivitesi; 0.hafta 4.25-9.28, 2.hafta 6.27-15.70, 4.hafta 6.09-14.48, 6.hafta 4.42-10.35 µg PNG g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 5.03-21.69, 2.hafta 3.78-8.59, 4.hafta 5.32-19.04, 6.hafta 7.52-14.52 µg PNG g⁻¹ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.10. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın β -glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; **A2**: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; **A3**: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; **B1**: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; **B2**: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; **B3**: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.8. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın β -glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	4.25	6.07	8.54	5.16	6.57	6.65	6.41	8.76	6.22E ²	6.98CD
VK0/30	5.41	5.23	6.27	3.78	6.09	5.32	6.27	7.52	6.51E	5.99D
VK0/60	4.69	5.59	7.45	4.60	9.81	7.32	6.64	7.61	6.73E	6.10D
VK2/0	5.24	13.73	9.18	8.59	8.99	12.30	8.63	10.17	8.39D	11.20AB
VK2/30	6.14	12.17	10.22	6.93	10.63	11.17	9.22	9.56	9.42BCD	10.92AB
VK2/60	7.04	11.22	11.58	6.43	13.98	9.70	9.99	11.35	10.88AB	10.35AB
VK4/0	6.65	16.70	11.17	4.21	11.58	10.01	9.40	14.37	10.05BC	11.36AB
VK4/30	6.31	10.72	12.98	5.78	8.40	10.06	7.95	13.46	8.41D	9.85B
VK4/60	5.22	16.86	13.16	5.14	6.46	12.85	10.31	14.12	8.70CD	11.95A
IVK0/30	4.78	5.75	7.95	4.82	9.13	7.07	4.42	7.97	6.72E	6.67CD
IVK0/60	5.77	5.03	7.72	5.53	6.05	8.20	6.14	11.90	6.72E	7.80C
IVK2/0	7.11	21.69	9.18	5.39	7.50	8.38	7.45	9.70	8.29D	10.65AB
IVK2/30	7.28	18.94	10.67	4.51	9.18	9.74	8.72	8.79	9.60BCD	11.04AB
IVK2/60	6.34	10.33	13.53	5.55	14.48	19.04	10.13	14.52	10.87AB	11.21AB
IVK4/0	7.46	15.77	9.67	6.12	12.35	9.49	8.31	10.65	10.00BC	10.79AB
IVK4/30	7.96	13.84	13.80	5.68	10.58	11.92	6.77	12.01	10.04BC	11.91A
IVK4/60	9.28	13.50	15.70	6.05	13.35	9.74	10.35	13.01	12.11A	11.02AB
Ortalama (zaman)	6.22d ^{1,3}	12.26a	11.00a	5.59c	9.82b	10.35b	8.18c	10.81b		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	80.345*** ⁴					119.292***				
Uygulama	13.836***					15.022***				
Uygulama x Zaman	2.204***					5.921***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

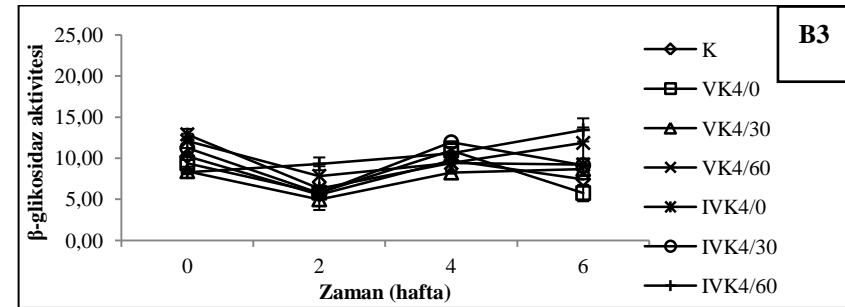
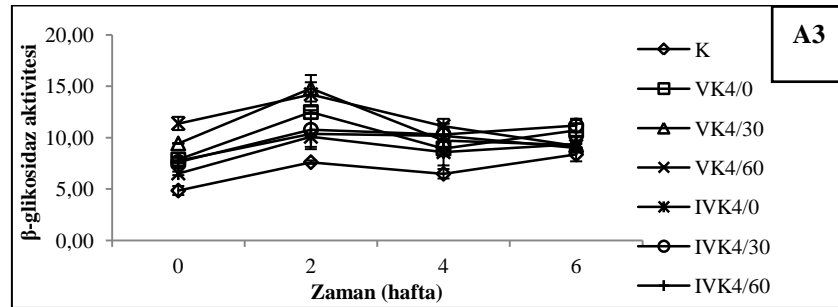
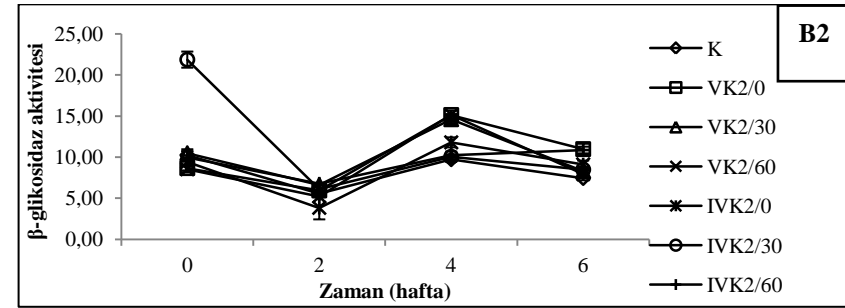
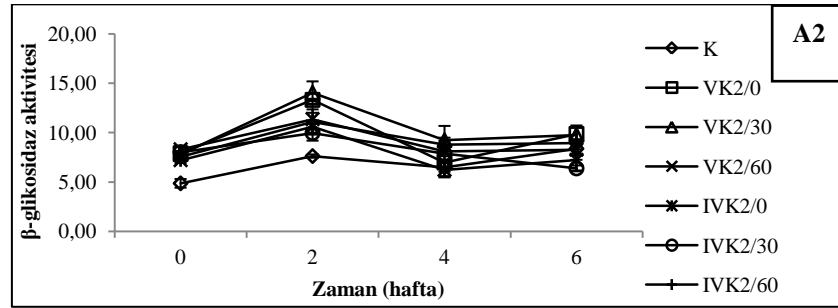
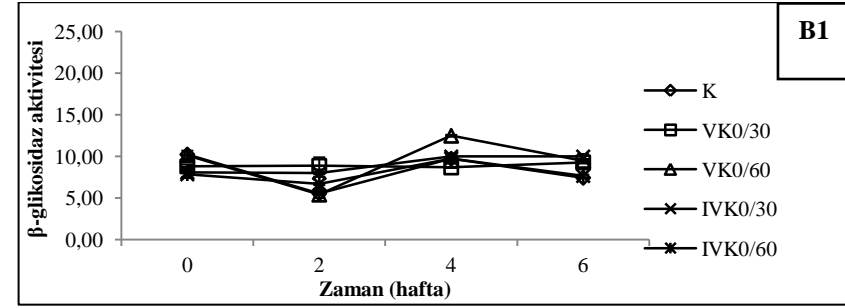
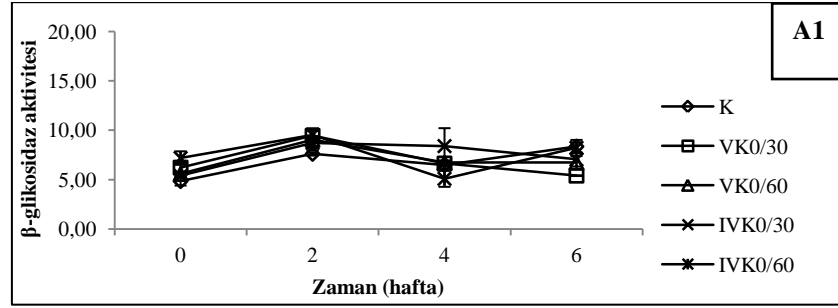
4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerini kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.8’de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik döneminde gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkilerin toprağın β -glikosidaz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna bağlı olarak, gübre uygulamalarının ortalama değerleri dikkate alındığında IVK4/60 ($12.11 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiksel olarak toprağın alkali fosfataz aktivitesini kontrole ve diğer uygulamalara göre daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, ortalama değerlere göre 2.haftada toprağın β -glikosidaz aktivitesinin en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkilerin enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK4/30 ve VK4/60 (srasıyla 11.91 ve $11.95 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 0.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

β -glikosidaz (rizosfer toprağı)

Farklı haftalarda alınan rizosfer örneklerinde β -glikosidaz aktivitesindeki gübre uygulamalarına bağlı değişimler ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Hesaplanan β -glikosidaz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. yetiştiricilik dönemi için esas olarak 2.haftada ve kısmen de 6.haftada enzim aktivitesinin artış gösterdiği görülmektedir. Bununla ilgili olarak, gübre uygulanan topraklarda enzim aktivite değerlerinin daha yüksek olduğu fark edilmektedir. Diğer taraftan, gübre dozu artışına bağlı olarak enzim aktivitesinin kontrole göre belirgin şekilde artış gösterdiği görülebilmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise başlangıca göre enzim aktivitesinin bir miktar düşüş gösterdiği ancak özellikle 4.haftada bir sıçrama yaptığı dikkati çekmektedir. Bir önceki yetiştiricilik dönemine benzer şekilde gübre uygulanan parsellerde ölçülen aktivite değerinin uygulanmayan parsellerden daha fazla olduğu görülmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı β -glikosidaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.9’da gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların β -glikosidaz aktiviteleri; K: 4.85-8.36, VK0/30: 5.41-9.45, VK0/60: 5.59-9.04, VK2/0: 6.95-13.30, VK2/30: 7.80-14.03, VK2/60: 8.09-11.35, VK4/0: 7.86-12.48, VK4/30: 9.27-14.80, VK4/60: 9.18-14.21 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK’lı uygulamalar ise IVK0/30: 5.39-8.72, IVK0/60: 5.10-9.54, IVK2/0: 6.23-10.58, IVK2/30: 6.36-9.95, IVK2/60: 7.55-11.08, IVK4/0: 6.52-10.08, IVK4/30: 7.64-11.17, IVK4/60: 7.76-10.35 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 5.56-10.24, VK0/30: 8.68-9.29, VK0/60: 5.41-12.48, VK2/0: 5.93-15.11, VK2/30: 6.61-14.59, VK2/60: 5.21-15.14, VK4/0: 5.75-10.94, VK4/30: 4.98-8.68, VK4/60: 7.84-12.10 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK’lı uygulamalar ise IVK0/30: 8.00-9.99, IVK0/60: 6.70-9.74, IVK2/0: 3.83-11.78, IVK2/30: 6.09-21.85, IVK2/60: 6.77-10.85, IVK4/0: 6.32-12.89, IVK4/30: 5.75-11.94, IVK4/60: 8.27-13.44 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.



Şekil 4.11. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağın β-glikosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; **A2**: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; **A3**: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; **B1**: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; **B2**: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; **B3**: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.9. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının β -glükosidaz aktivitesi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	4.85	10.24	7.61	5.56	6.48	9.73	8.36	7.44	6.94B ²	8.07EFG
VK0/30	6.23	8.81	9.45	8.88	6.64	8.68	5.41	9.29	7.05B	9.24BCDE
VK0/60	5.59	10.13	9.04	5.41	6.73	12.48	6.73	9.47	6.85B	9.45BCD
VK2/0	7.90	8.65	13.30	5.93	6.95	15.11	9.86	10.97	9.34B	10.36B
VK2/30	7.80	10.47	14.03	6.61	9.22	14.59	9.76	8.29	9.95B	10.37B
VK2/60	8.29	8.52	11.35	5.21	8.09	15.14	8.27	7.93	9.17B	9.72BCD
VK4/0	7.86	9.38	12.48	5.80	8.95	10.94	10.72	5.75	15.31A	7.80G
VK4/30	9.43	8.40	14.80	4.98	9.72	8.25	9.27	8.68	10.65B	7.61G
VK4/60	11.38	12.10	14.21	7.84	11.12	9.42	9.18	11.85	11.09B	9.00CDEF
IVK0/30	5.39	8.09	8.72	8.00	8.40	9.99	7.04	9.99	7.21B	8.51DEFG
IVK0/60	7.19	7.86	9.54	6.70	5.10	9.74	8.22	7.66	7.64B	8.00FG
IVK2/0	7.20	9.40	10.58	3.83	6.23	11.78	7.23	9.11	7.92B	8.54CDEFG
IVK2/30	8.01	21.85	9.95	6.09	7.86	10.04	6.36	8.47	8.07B	11.64A
IVK2/60	7.55	9.95	11.08	6.77	8.77	10.22	8.95	10.85	9.26B	9.58BCD
IVK4/0	6.52	12.89	10.08	6.32	8.59	9.42	9.36	9.22	8.32B	9.77BC
IVK4/30	7.64	11.24	10.76	5.75	10.31	11.94	11.17	9.13	9.64B	9.24BCDE
IVK4/60	7.76	8.27	10.35	9.31	10.17	10.60	8.99	13.44	9.38B	9.64BCD
Ortalama (zaman)	7.45b ^{1,3}	10.21b	11.00a	6.46d	9.30ab	11.04a	8.44b	9.11c		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	5.276** ⁴					118.924*** ⁵				
Uygulama	2.354**					7.851***				
Uygulama x Zaman	Ö.D. ⁶					8.599***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 **; %1 düzeyinde önemlidir.

5 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

6 Ö.D.; önemli değil.

Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.9'da görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın β -glikosidaz aktivitesi; 0.hafta 4.85-11.38, 2.hafta 7.61-14.80, 4.hafta 5.10-11.12, 6.hafta 5.41-11.17 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 7.86-21.85, 2.hafta 5.21-9.31, 4.hafta 8.25-15.14, 6.hafta 5.75-13.44 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber interaksiyonlarını kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu bağlamda, I. dönem marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın β -glikosidaz aktivitesindeki değişimler incelenmiştir. Buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın β -glikosidaz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki interaksiyonun enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiki olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK2/30 (11.64 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 4.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

Toprak enzimlerinden olan β -glikosidaz toprak mikroorganizmalarının selüloz gibi kompleks yapılı organik bir bileşiği bitkiler veya diğer organizmalar açısından elverişli form olan glikoza dönüştürmek amacıyla sentezlediği hücre dışı enzimdir. Yapılan çalışmada, enzim aktivitesinin yetiştiricilik dönemleri arasında net bir artış veya düşüş göstermediği birbirine yakın değerler ölçüldüğü belirlenmiştir. Böyle olmasında çakılı deneme parsellerine dönem başında yapılan organik gübreleme ile artan ayrışmaya dayanıklı bileşikler (selüloz gibi) ve düşük toprak sıcaklığına bağlı mikroorganizma çeşitliliği ve sayısındaki azalma etkili olmuş olabilir. Nitekim, diğer hücre dışı enzimlerde olduğu gibi β -glikosidazın da aktivitesi toprakta kalan hasat artıklarının nitelik ve miktarları ile toprağa verilen organik ve inorganik gübrelerin çeşit ve miktarlarına, toprak reaksiyonu ve sıcaklığına, mikroorganizma çeşit ve sayısına, ekim nöbetine ve toprağın işlenmesine bağlıdır (Tabatabai 1982).

Çalışma kapsamında kullanılan gübreler kıyaslandığında toprağın β -glikosidaz aktivitesini en çok arttıran uygulamaların daha ziyade IVK'lı uygulamalar olduğu ayırt edilebilmektedir. IVK'lı uygulamaların da hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 4/30, 4/60 ve 2/30) ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Kullanılan ısıl işleminden geçmiş gübre organik madde (%48.15) ve organik C (%27.93) yönünden diğerinden daha iyi olduğu için toprakta özellikle heterotrof mikroorganizmaları enerji ve karbon bakımından uyararak bu enzimin aktivitesini arttırmış olabilir. Nitekim, çeşitli araştırmacılar toprakta karbon döngüsü ile ilişkili olan β -glikosidaz enzimi üzerine yaptığı çalışmalarda organik gübre uygulamasının bu enzimin aktivitesini önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. (Edwards ve Bohlen 1996; Parthasarathi ve Ranganathan 2000; Laic vd. 2002).

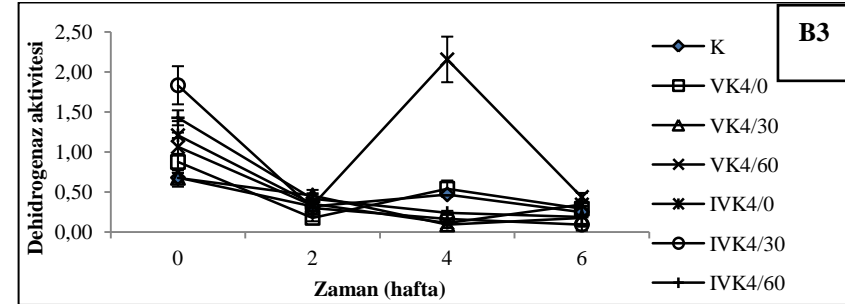
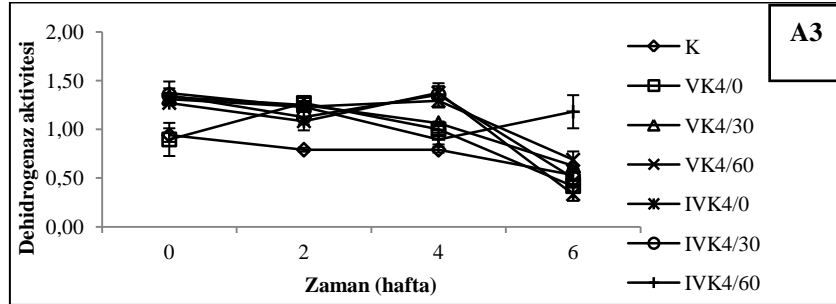
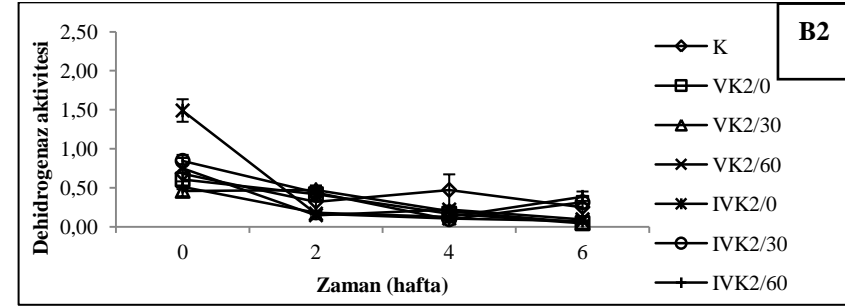
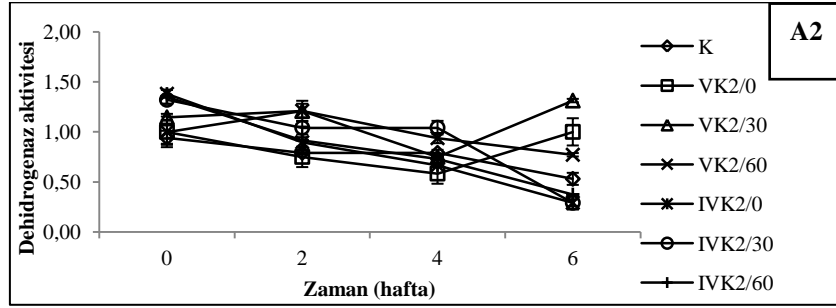
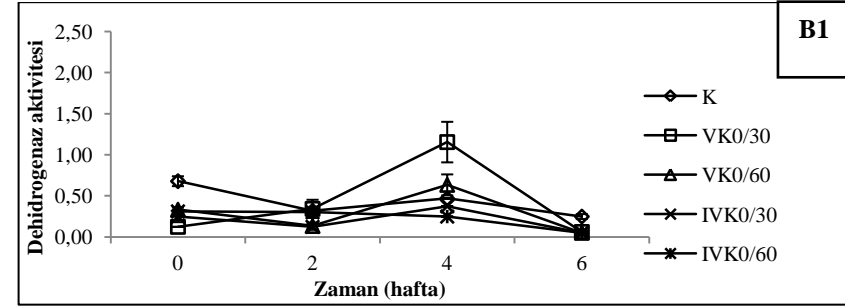
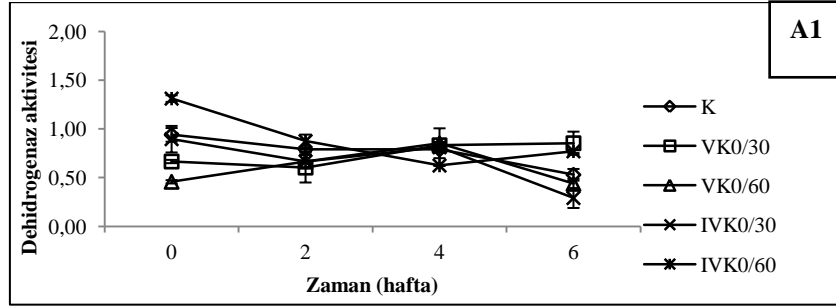
Gübrelerin mineralizasyon hızları haftalık ölçümler ile ele alındığında I. yetiştiricilik dönemi için hem normal toprağın hem de rizosfer toprağının ilk 2 haftalık periyotta pik değerlere ulaştığı görülmüştür. Ancak, II. yetiştiricilik dönemi için normal toprağın ve rizosfer toprağında gübrelerin ayrışma hızları birbirinden farklılık

göstermektedir. Organik gübrelerin içerdikleri besinlerin mineralizasyonu üzerine en önemli faktörlerden bir tanesi gübrenin C/N oranıdır. Çalışmada kullanılan gübreler bu bakımdan birbirine çok yakındır. Ancak, β -glikosidaz enzimi selüloz gibi ayrışmaya dayanıklı moleküllerin mikrobiyal parçalanmasında görev aldığından bu işi yapabilecek mikrobiyal çeşitliliğin de mevcut olması önemli bir diğer faktördür. Bu bakımdan, her iki gübrenin toprakta bu özel mikrobiyal grubu teşvik edebildiği düşünülmektedir. Her ne kadar IVK'lı uygulamalar ile enzim aktivitesi yüksek değerler vermişse de VK'lı uygulamaların da çok uzak olmayan sonuçlar vermesini bu durumla ilişkilendirmenin tutarlı olacağı akla gelmektedir. Yine, hem normal toprağın hem de rizosfer toprağının enzim aktivite değerleri bakımından birbirine oldukça yakın olması da her iki gübrenin de benzer biçimde topraktaki bu enzim için özel mikrobiyal varlığı uyarıcı özellik gösterdiklerini düşündürmektedir.

Dehidrogenaz (normal toprak)

Normal toprağın uygulamalara ve zamana bağlı olarak dehidrogenaz aktivitesinde meydana gelen değişimleri laboratuvar analizleri ile ölçülmüş ve sonuçlar buna göre hesaplanmıştır. Hesaplanan dehidrogenaz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. yetiştiricilik dönemi için enzim aktivitesinin genel olarak tüm dozlarda düşüş eğilimi gösterdiği ancak istisna olarak 4.haftada küçük bir sıçrama yaptığı görülmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu artsada enzim aktivitesi değerlerinin aynı oranda artış tepkisi vermediği hatta 3 farklı doz (0, 2, 4 t da⁻¹) için değerlerin yakın olduğu dikkati çekmektedir. Diğer taraftan, gübre dozu artışına bağlı olarak sadece en yüksek dozlu uygulamada enzim aktivitesinin kontrolden daha yüksek seyir gösterdiği görülebilmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise başlangıca göre enzim aktivitesinin bir miktar düşüş gösterdiği ancak genel itibari ile özellikle 4.haftada önemli bir sıçrama yaptığı dikkati çekmektedir. Bir önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak gübre dozu arttıkça enzim aktivitesinin daha yüksek bir seyir gösterdiği belirlenmiştir. Ancak, doz arttıkça enzim aktivite değerleri her ne kadar yüksek seyretse de genel olarak kontrol değerleri ile bunlar arasındaki farkın belirginleşmediği de göze çarpmaktadır.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı dehidrogenaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.10'da gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların dehidrogenaz aktiviteleri; K: 0.53-0.94, VK0/30: 0.60-0.85, VK0/60: 0.44-0.85, VK2/0: 0.58-1.00, VK2/30: 0.75-1.31, VK2/60: 0.77-1.21, VK4/0: 0.42-1.27, VK4/30: 0.62-1.33, VK4/60: 0.69-1.31 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.29-0.90, IVK0/60: 0.62-1.31, IVK2/0: 0.29-1.38, IVK2/30: 0.29-1.32, IVK2/60: 0.37-1.35, IVK4/0: 0.33-1.37, IVK4/30: 0.50-1.35, IVK4/60: 0.90-1.37 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.25-0.68, VK0/30: 0.06-1.16, VK0/60: 0.05-0.64, VK2/0: 0.04-0.60, VK2/30: 0.05-0.47, VK2/60: 0.09-0.75, VK4/0: 0.18-0.87, VK4/30: 0.09-0.68, VK4/60: 0.33-2.16 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.05-0.37, IVK0/60: 0.05-0.31, IVK2/0: 0.07-1.49, IVK2/30: 0.09-0.84.



Şekil 4.12. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; **A2**: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; **A3**: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; **B1**: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; **B2**: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; **B3**: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.10. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.94	0.68	0.79	0.32	0.79	0.47	0.53	0.25	0.78GHI ²	0.39CDEF
VK0/30	0.67	0.12	0.60	0.34	0.83	1.16	0.85	0.06	0.76HI	0.38CDEF
VK0/60	0.46	0.33	0.67	0.14	0.85	0.64	0.44	0.05	0.62İ	0.26DEF
VK2/0	1.00	0.60	0.75	0.42	0.58	0.17	1.00	0.04	0.78GHI	0.28DEF
VK2/30	1.15	0.46	1.21	0.47	0.75	0.20	1.31	0.05	1.06ABC	0.30CDEF
VK2/60	1.00	0.75	1.21	0.15	0.94	0.22	0.77	0.09	0.99BCDE	0.37CDEF
VK4/0	0.90	0.87	1.27	0.18	1.00	0.54	0.42	0.29	0.87EFGH	0.41CDEF
VK4/30	1.33	0.68	1.25	0.46	1.06	0.09	0.62	0.18	1.04ABCD	0.45CDE
VK4/60	1.31	1.06	1.23	0.33	1.29	2.16	0.69	0.44	1.11AB	0.97A
IVK0/30	0.90	0.25	0.67	0.12	0.81	0.37	0.29	0.05	0.69İİ	0.23EF
IVK0/60	1.31	0.31	0.87	0.30	0.62	0.25	0.77	0.05	0.90EFG	0.19F
IVK2/0	1.38	1.49	0.90	0.17	0.67	0.10	0.29	0.07	0.83FGH	0.40CDEF
IVK2/30	1.32	0.84	1.04	0.44	1.04	0.09	0.29	0.31	0.92DEF	0.30CDEF
IVK2/60	1.35	0.51	0.92	0.18	0.73	0.12	0.37	0.39	0.83FGH	0.29CDEF
IVK4/0	1.27	1.21	1.08	0.35	1.37	0.11	0.33	0.34	0.96CDEF	0.48BCD
IVK4/30	1.35	1.83	1.12	0.30	1.35	0.17	0.50	0.09	1.05ABCD	0.67B
IVK4/60	1.37	1.43	1.23	0.42	0.90	0.24	1.18	0.19	1.15A	0.52BC
Ortalama (zaman)	1.11a ^{1,3}	0.82a	0.99b	0.31b	0.90c	0.35b	0.62d	0.17c		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	97.727*** ⁴					67.443***				
Uygulama	12.765***					6.871***				
Uygulama x Zaman	8.325***					4.988***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

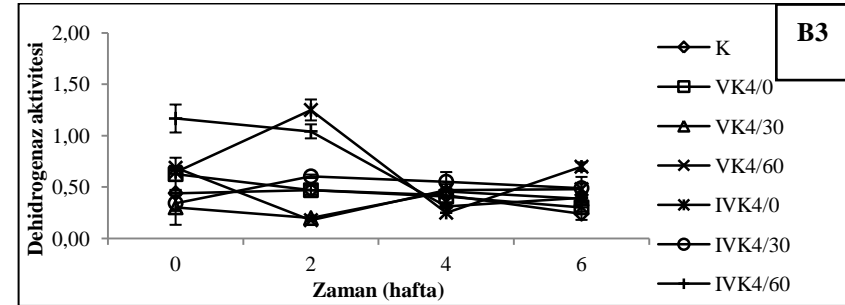
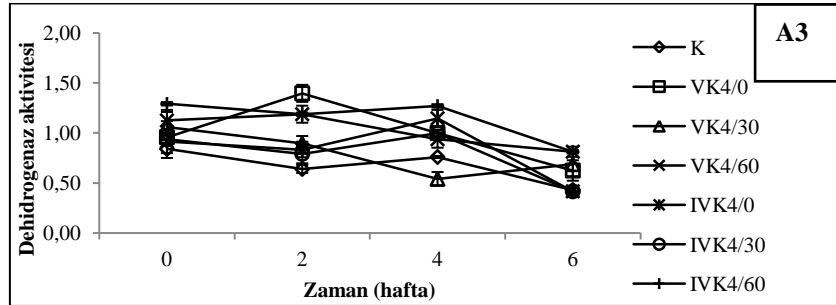
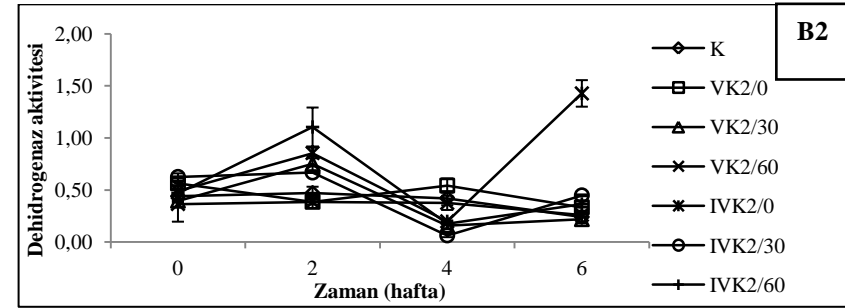
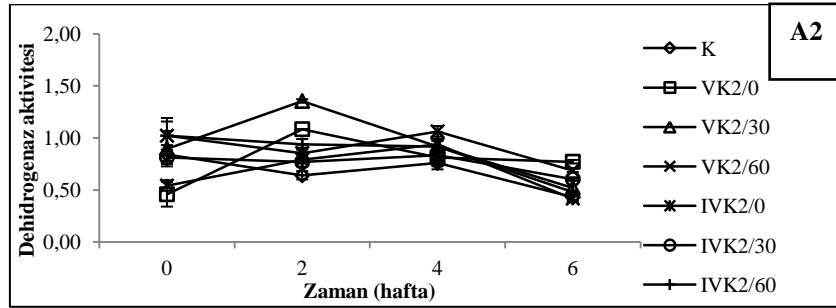
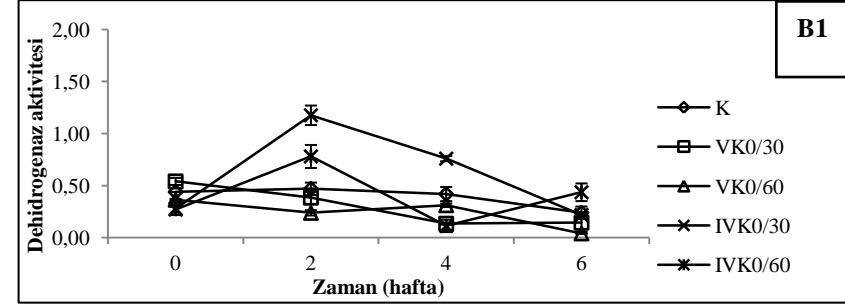
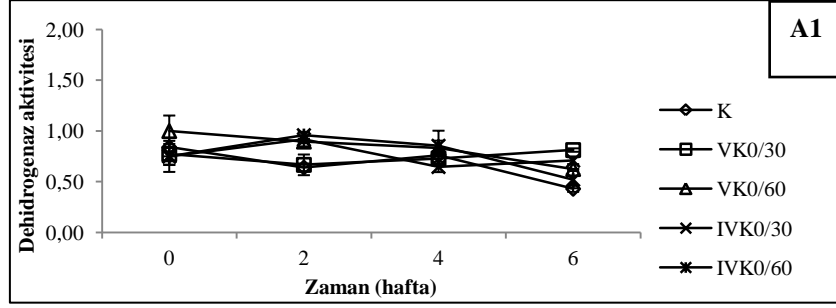
4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.10'da görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın dehidrogenaz aktivitesi; 0.hafta 0.46-1.38, 2.hafta 0.60-1.27, 4.hafta 0.58-1.37, 6.hafta 0.29-1.31 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.12-1.83, 2.hafta 0.12-0.47, 4.hafta 0.09-2.16, 6.hafta 0.04-0.44 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerini kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu bağlamda, I. dönem marul yetiştiriciliği yapılan alanda normal toprağın dehidrogenaz aktivitesindeki değişimler incelenmiştir. Buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkileşimin toprağın dehidrogenaz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK4/60 ($1.15 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın dehidrogenaz aktivitesini en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise başlangıçta (0.hafta) ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkileşimin enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak yine $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak VK4/60 ($0.97 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise başlangıçta (0.hafta) ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

Dehidrogenaz (rizosfer toprağı)

Rizosfer toprağının dehidrogenaz aktivitesi değerlerine ait grafikler Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için enzim aktivitesinin genel olarak tüm dozlarda neredeyse stabil bir trend gösterdiği ancak istisna olarak 2.haftada küçük bir sıçrama yaptığı görülmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu artınca enzim aktivitesi değerlerinin benzer şekilde yüksek bir seyir gösterdiği dikkati çekmektedir. Diğer taraftan, yüksek doz uygulamalarında enzim aktivitesinin nispeten kontrolden daha yüksek seyrettiği de görülebilmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise enzim aktivitesinin genel itibarı ile özellikle 2.haftada önemli bir sıçrama yaptığı dikkati çekmektedir. Bir önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak istisnalar hariç tüm dozlarda enzim aktivitesinin benzer şekilde seyrettiği görülmektedir. Ancak, doz arttıkça enzim aktivite değerleri açısından uygulamalar arasında belirgin farklar gözükse de kontrol değerleri ile bunlar arasındaki farkın belirginleşmediği de göze çarpmaktadır.



Şekil 4.13. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat $^{-1}$) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da $^{-1}$; **A2**: I.dönem, 2 t da $^{-1}$; **A3**: I.dönem, 4 t da $^{-1}$; **B1**: II.dönem, 0 t da $^{-1}$; **B2**: II.dönem, 2 t da $^{-1}$; **B3**: II.dönem, 4 t da $^{-1}$)

Çizelge 4.11. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının dehidrogenaz aktivitesi ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.84	0.44	0.64	0.47	0.76	0.42	0.43	0.24	0.69EF ²	0.38DEFG
VK0/30	0.77	0.54	0.67	0.39	0.73	0.14	0.81	0.15	0.69EF	0.30GH
VK0/60	1.00	0.36	0.90	0.24	0.83	0.31	0.62	0.04	0.78CDEF	0.23H
VK2/0	0.46	0.56	1.08	0.39	0.81	0.54	0.77	0.33	0.75DEF	0.48CDE
VK2/30	0.90	0.40	1.35	0.75	0.92	0.16	0.52	0.22	0.86CD	0.35EFGH
VK2/60	1.02	0.36	0.85	0.39	1.06	0.37	0.69	0.26	0.90BC	0.30GH
VK4/0	0.96	0.62	1.40	0.47	1.00	0.41	0.62	0.30	0.99AB	0.47CDEF
VK4/30	1.06	0.30	0.90	0.20	0.54	0.46	0.69	0.39	0.88CDEF	0.33FGH
VK4/60	1.12	0.69	1.19	0.18	0.94	0.47	0.81	0.48	1.00AB	0.40DEFG
IVK0/30	0.75	0.28	0.92	1.18	0.65	0.76	0.71	0.22	0.77CDEF	0.58BC
IVK0/60	0.75	0.27	0.96	0.78	0.85	0.11	0.52	0.44	0.78CDEF	0.37DEFG
IVK2/0	0.54	0.49	0.79	0.85	0.94	0.20	0.42	1.43	0.66F	0.71A
IVK2/30	0.81	0.62	0.77	0.67	0.83	0.06	0.60	0.45	0.77CDEF	0.46CDEF
IVK2/60	1.02	0.47	0.94	1.10	0.92	0.18	0.48	0.36	0.82CDE	0.50CD
IVK4/0	0.92	0.65	0.83	1.25	1.15	0.25	0.42	0.70	0.84CD	0.73A
IVK4/30	0.94	0.34	0.79	0.60	1.00	0.55	0.42	0.49	0.77CDEF	0.47CDEF
IVK4/60	1.29	1.17	1.19	1.04	1.27	0.31	0.81	0.40	1.10A	0.66AB
Ortalama (zaman)	0.88b ^{1,3}	0.52b	0.94a	0.60a	0.87b	0.33c	0.60c	0.37c		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	50.873*** ⁴					39.383***				
Uygulama	7.139***					12.119***				
Uygulama x Zaman	3.887***					7.583***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı dehidrogenaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.11'de gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların dehidrogenaz aktiviteleri; K: 0.43-0.84, VK0/30: 0.67-0.81, VK0/60: 0.62-1.00, VK2/0: 0.46-1.08, VK2/30: 0.52-1.35, VK2/60: 0.69-1.06, VK4/0: 0.62-1.40, VK4/30: 0.54-1.06, VK4/60: 0.81-1.19 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.65-0.92, IVK0/60: 0.52-0.96, IVK2/0: 0.42-0.94, IVK2/30: 0.60-0.83, IVK2/60: 0.48-1.02, IVK4/0: 0.42-1.15, IVK4/30: 0.42-1.00, IVK4/60: 0.81-1.29 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.24-0.47, VK0/30: 0.14-0.54, VK0/60: 0.04-0.36, VK2/0: 0.33-0.56, VK2/30: 0.16-0.75, VK2/60: 0.26-0.39, VK4/0: 0.30-0.62, VK4/30: 0.20-0.46, VK4/60: 0.18-0.69 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.22-1.18, IVK0/60: 0.11-0.78, IVK2/0: 0.20-1.43, IVK2/30: 0.06-0.67, IVK2/60: 0.18-1.10, IVK4/0: 0.25-1.25, IVK4/30: 0.34-0.60, IVK4/60: 0.31-1.17 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.11'de görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın dehidrogenaz aktivitesi; 0.hafta 0.46-1.29, 2.hafta 0.64-1.40, 4.hafta 0.54-1.27, 6.hafta 0.42-0.81 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.27-1.17, 2.hafta 0.18-1.25, 4.hafta 0.06-0.76, 6.hafta 0.04-1.43 $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.11'de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkileşimin rizosfer toprağının dehidrogenaz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK4/60 ($1.10 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın dehidrogenaz aktivitesini en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 2.haftada ölçülen değerin en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkileşimin enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak yine $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak IVK2/0 ve IVK4/0 (sırasıyla 0.71 ve $0.73 \mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise yine 2.haftada ölçülen değerin en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

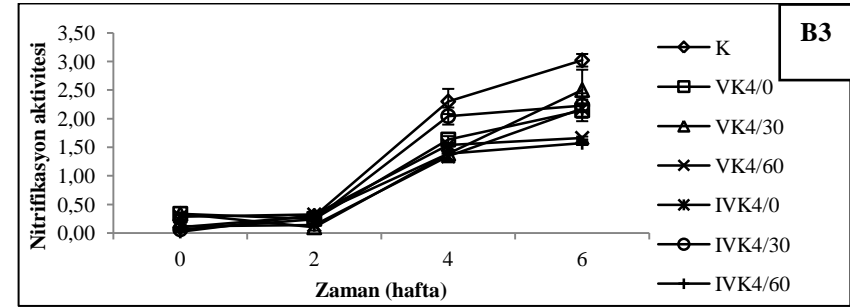
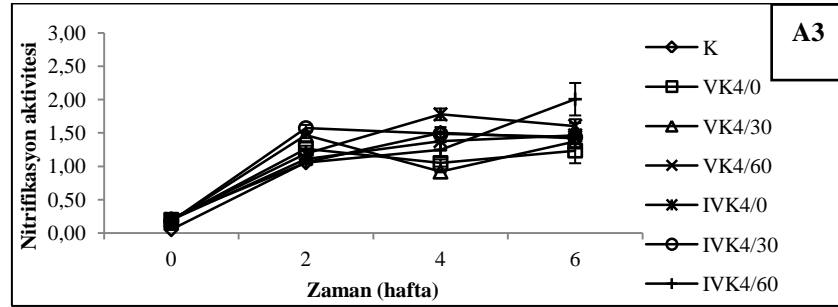
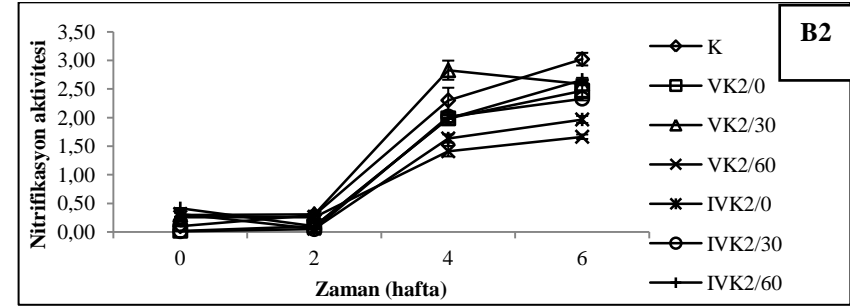
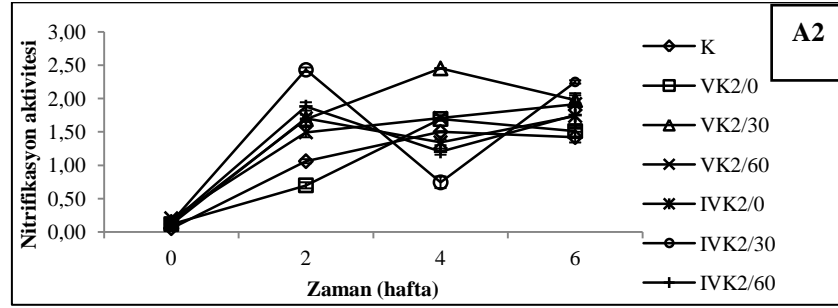
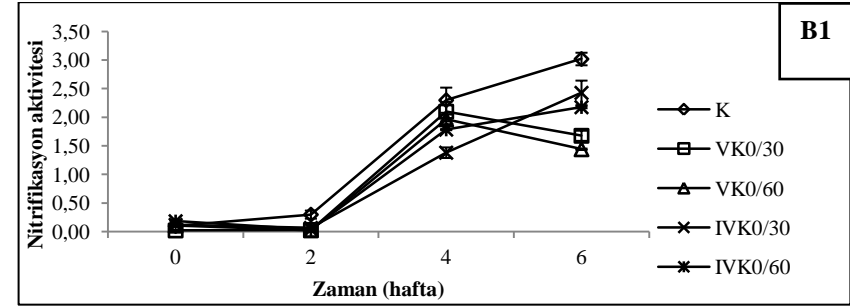
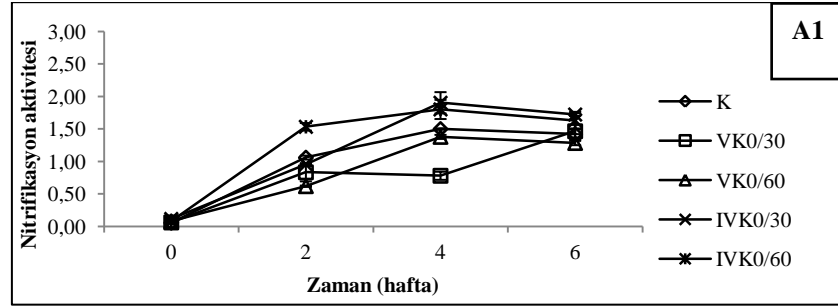
Toprak mikroflorasının oksidatif aktivitesinin toplam miktarını gösteren intraselüler bir enzim olan dehidrogenaz aktivitesinin belirlenmesiyle toprağın mikrobiyolojik aktivite durumu ortaya konulabilmektedir (Skujins 1973; Trevors 1984). Bu çalışmada, iki yetiştiricilik döneminde de hem normal toprakta (II. dönem hariç) hem de rizosfer toprağında ısıl işlem görmüş olan vermikompostun diğerine göre toprağın dehidrogenaz aktivitesini daha fazla arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, IVK'nın normal toprakta birleştirme rizosfer toprağında ise hem tek hem de yine birleştirme dozlarının enzimin aktivitesini en fazla arttıran uygulamalar olduğu tespit edilmiştir. Dönemler arasında ise hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında dehidrogenaz aktivitesinin önemli ölçüde düşüş gösterdiği dikkati çekmektedir.

IVK gübresinin organik madde, organik C, toplam N ve toplam P'ca daha zengin olmasının toprak ortamındaki mikroorganizmaları daha fazla uyararak bu farkı yarattığı düşünülmektedir. Organik gübrelerin içerdikleri N, P, C gibi makro besin elementleri ile topraktaki mikroorganizma varlığını ve çeşitliliğini teşvik ettiğini ve faal mikroorganizmaların bir göstergesi olan dehidrogenaz aktivitesini arttırdığı birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir (Edwards ve Bohlen 1996; Sürücü vd. 1998; Albiach vd. 2000; Romero vd. 2001; Sajjad vd. 2002; Kaur vd. 2005; Nogales vd. 2005; Truu vd. 2008). Bu çalışmada da daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak ilk yetiştiricilik döneminde enzim aktivitesinde bir artış olduğu görülmüş iken devam eden yetiştiricilik döneminde ise düşüş olması çok büyük ihtimalle toprak sıcaklığında yaşanan düşüş ile birlikte azalan mikrobiyal çeşitlilikten kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, ilk yetiştiricilik döneminde belli oranlarda toprak çözeltisindeki konsantrasyonları artan ağır metallerin (Fe, Zn, Mn, Cu gibi) ve NO_3^- ile NO_2^- birikiminin de enzimi inhibe etmiş olabileceği akla gelmektedir. Literatürde bu yaklaşımı destekleyen sonuçlar bildirilmektedir (Lai vd. 1999; Celik vd. 2011; Dindar vd. 2017).

Rizosfer toprağı ile normal toprağın dehidrogenaz aktivitesi değerlerine total olarak bakıldığında rakamların birbirinde çok da uzak olmadığı görülebilmektedir. Bu durum, enzimin bitki kökleri veya toprak hayvanları kaynaklı (rizosfer etkisi) artıştan ziyade kullanılan gübrelerin teşvik ettiği mikrobiyal varlıktan kaynaklı olduğu savını güçlendirmektedir. Diğer taraftan, normal toprakta dehidrogenaz aktivitesi her iki yetiştiricilik döneminde de başlangıçta yüksek iken, rizosfer toprağında ise enzim aktivitesi 2 haftalık sürede zirve yapmıştır. Bu durum, rizosfer toprağının normal toprağa göre daha yüksek mikrobiyal çeşitlilik ve sayıya sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

Nitrifikasyon (normal toprak)

Marul yetiştirilen alanda normal toprağın nitrifikasyon değerleri ölçülmüş ve sonuçlar hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile oluşturulan nitrifikasyon aktivitesi grafikleri Şekil 4.14'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için enzim aktivitesinin genel olarak tüm dozlarda sürekli olarak artış eğilimi gösterdiği bununla birlikte 2. ve 4.haftalarda sıçramalar yaptığı görülmektedir. Ancak, gübre uygulama dozu artınca enzim aktivitesi değerlerinin belirgin olarak yüksek değerlerde seyretmediği dikkati çekmektedir. Bununla birlikte, haftalık olarak uygulamalar arasında farklılık olsa da kontrole göre uygulamaların üstünlük sağlamadığı da görülmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise enzim aktivitesinin genel itibari ile ilk iki ölçüm haftasında stabil kalmasına karşılık sonraki 4. ve 6.haftalarda belirgin bir sıçrama yaptığı göze çarpmaktadır. Yine bir önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi doz arttıkça enzim aktivitesi değerlerinin benzer bir artış eğilimi göstermediği ve uygulamaların kontrole üstünlük kuracak şekilde bir seyir göstermediği görülebilmektedir.



Şekil 4.14. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da⁻¹; **A2**: I.dönem, 2 t da⁻¹; **A3**: I.dönem, 4 t da⁻¹; **B1**: II.dönem, 0 t da⁻¹; **B2**: II.dönem, 2 t da⁻¹; **B3**: II.dönem, 4 t da⁻¹)

Çizelge 4.12. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.06	0.10	1.06	0.30	1.50	2.30	1.42	3.02	1.04EF ²	1.30AB
VK0/30	0.06	0.02	0.83	0.03	0.78	2.10	1.47	1.68	0.77H	0.93DEF
VK0/60	0.08	0.11	0.62	0.02	1.38	1.97	1.28	1.44	0.84GH	0.88F
VK2/0	0.12	0.02	0.70	0.10	1.69	1.98	1.51	2.47	1.03EF	1.14BCD
VK2/30	0.15	0.30	1.69	0.31	2.45	2.83	1.97	2.59	1.60A	1.45A
VK2/60	0.20	0.26	1.49	0.26	1.71	1.41	1.92	1.66	1.31BC	0.90EF
VK4/0	0.20	0.34	1.26	0.25	1.05	1.63	1.24	2.15	0.99F	1.16BC
VK4/30	0.18	0.34	1.47	0.10	0.92	1.39	1.37	2.50	0.96FG	1.02CDEF
VK4/60	0.20	0.29	1.11	0.32	1.38	1.54	1.46	1.66	1.06EF	0.93DEF
IVK0/30	0.11	0.12	0.96	0.07	1.90	1.38	1.72	2.43	1.15DE	0.96CDEF
IVK0/60	0.08	0.18	1.53	0.04	1.80	1.79	1.63	2.18	1.30BC	1.04CDEF
IVK2/0	0.12	0.31	1.70	0.06	1.34	1.63	1.74	1.97	1.26CD	0.96CDEF
IVK2/30	0.15	0.01	2.43	0.05	0.74	2.02	2.25	2.33	1.44B	1.10BCDE
IVK2/60	0.15	0.41	1.88	0.10	1.20	1.98	1.75	2.66	1.25CD	1.25B
IVK4/0	0.21	0.12	1.19	0.14	1.78	1.34	1.61	2.18	1.21CD	0.98CDEF
IVK4/30	0.18	0.06	1.57	0.24	1.49	2.04	1.44	2.23	1.17CDE	1.16BC
IVK4/60	0.22	0.02	1.05	0.31	1.25	1.39	2.01	1.57	1.16CDE	0.85F
Ortalama (zaman)	0.14d ^{1,3}	0.18c	1.36c	0.16c	1.45b	1.77b	1.65a	2.13a		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	899.174*** ⁴					1078.834***				
Uygulama	19.773***					6.518***				
Uygulama x Zaman	12.501***					3.626***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı nitrifikasyon aktivitesi değişimleri Çizelge 4.12’de gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların nitrifikasyon aktiviteleri; K: 0.06-1.50, VK0/30: 0.06-1.47, VK0/60: 0.08-1.38, VK2/0: 0.12-1.69, VK2/30: 0.15-2.45, VK2/60: 0.20-1.92, VK4/0: 0.20-1.26, VK4/30: 0.18-1.47, VK4/60: 0.20-1.46 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK’lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.11-1.90, IVK0/60: 0.08-1.80, IVK2/0: 0.12-1.74, IVK2/30: 0.15-2.43, IVK2/60: 0.15-1.88, IVK4/0: 0.21-1.78, IVK4/30: 0.18-1.57, IVK4/60: 0.22-2.01 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.10-3.02, VK0/30: 0.02-2.10, VK0/60: 0.02-1.97, VK2/0: 0.02-2.47, VK2/30: 0.30-2.83, VK2/60: 0.26-1.66, VK4/0: 0.25-2.15, VK4/30: 0.10-2.50, VK4/60: 0.29-1.66 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK’lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.07-2.43, IVK0/60: 0.04-2.18, IVK2/0: 0.06-1.97, IVK2/30: 0.01-2.33, IVK2/60: 0.10-2.66, IVK4/0: 0.12-2.18, IVK4/30: 0.06-2.23, IVK4/60: 0.02-1.57 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.12’de görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın nitrifikasyon aktivitesi; 0.hafta 0.06-0.22, 2.hafta 0.62-2.43, 4.hafta 0.74-2.45, 6.hafta 1.24-2.25 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.01-0.41, 2.hafta 0.02-0.32, 4.hafta 1.38-2.83, 6.hafta 1.44-3.02 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber interaksiyonlarını kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.12’de verilmiştir. Bu bağlamda, I. dönem marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın nitrifikasyon aktivitesindeki değişimler incelenmiştir. Buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın nitrifikasyon aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre VK2/30 ($1.60 \mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın dehidrogenaz aktivitesini en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 6.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki interaksiyonun enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiki olarak yine $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi yine VK2/30 ($1.45 \mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise yine 6.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

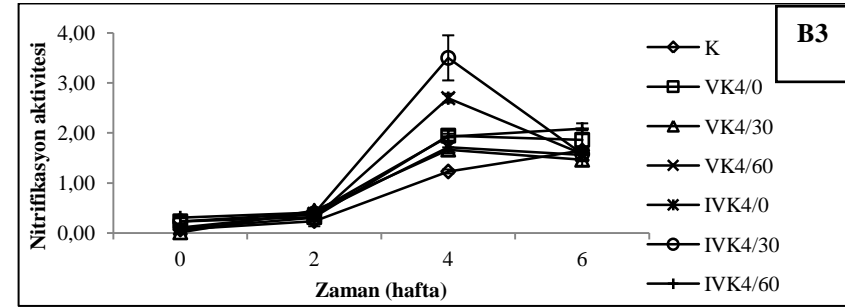
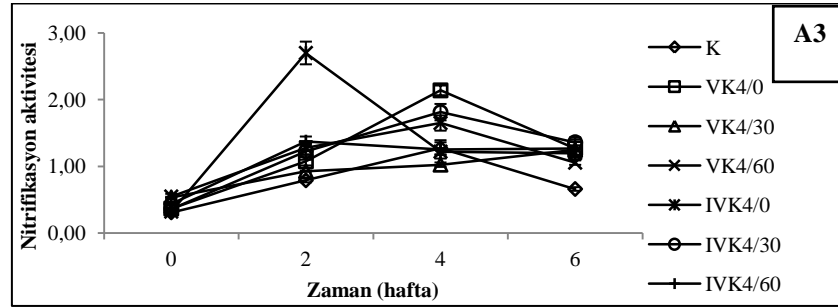
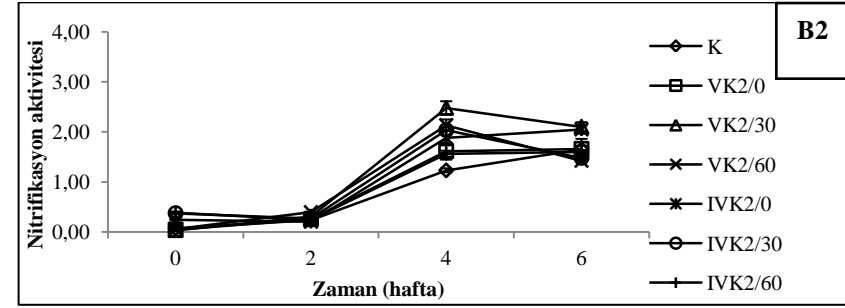
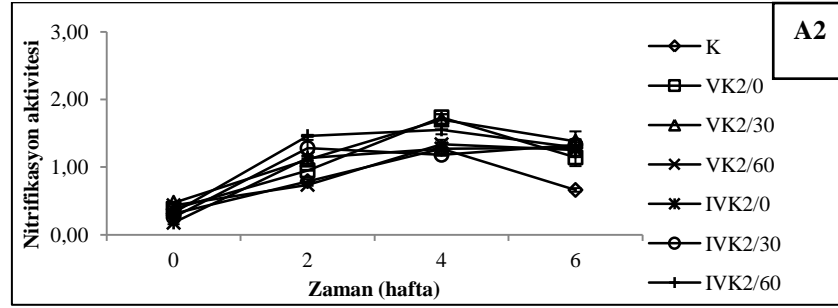
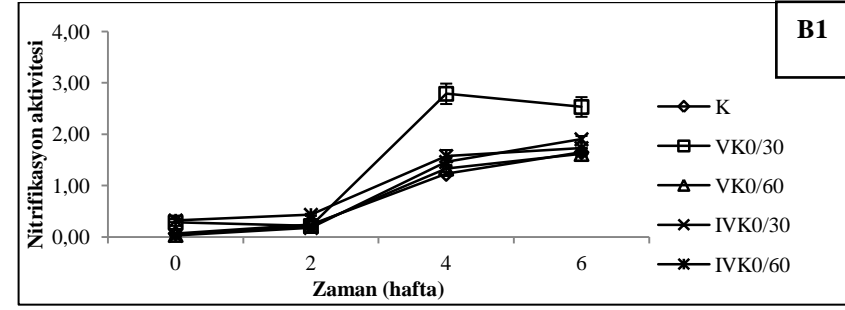
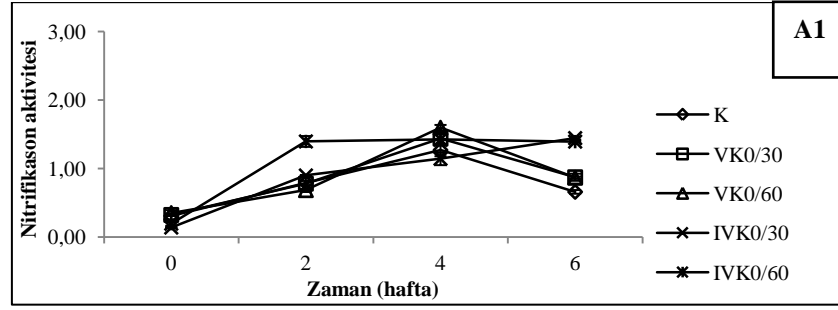
Nitrifikasyon (rizosfer toprağı)

Rizosfer toprağının nitrifikasyon aktivitesine ilişkin grafikler Şekil 4.15’te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için enzim aktivitesinin genel olarak tüm dozlarda 2. ve 4.haftalarda sıçramalar yaptığı ve 6.haftada bir miktar düşüş gösterdiği görülmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu artınca enzim aktivitesi değerlerinin de benzer şekilde daha yüksek değerlerde seyrettiği gözlenmiştir. Öte yandan, her ne kadar uygulamalar arasında bazı haftalarda farklılıklar olsa bile uygulamalar ile kontrol değerleri arasında seyir açısından belirgin bir farklılık olmadığı dikkati çekmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise enzim aktivitesinin genel itibari ile ilk iki ölçüm

haftasında stabil kalmasına karşılık sonraki 4. ve 6.haftalarda belirgin bir sıçrama yaptığı göze çarpmaktadır. Yine bir önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi doz arttıkça enzim aktivitesi değerlerinin benzer bir artış eğilimi gösterdiği, ancak bu sefer az da olsa uygulamaların kontrole üstünlük kuracak şekilde bir seyir gösterdiği görülebilmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı nitrifikasyon aktivitesi değişimleri Çizelge 4.13'te gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların nitrifikasyon aktiviteleri; K: 0.31-1.27, VK0/30: 0.32-1.44, VK0/60: 0.35-1.60, VK2/0: 0.38-1.74, VK2/30: 0.47-1.70, VK2/60: 0.43-1.34, VK4/0: 0.37-2.14, VK4/30: 0.54-1.25, VK4/60: 0.55-1.65 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.14-1.44, IVK0/60: 0.20-1.42, IVK2/0: 0.18-1.29, IVK2/30: 0.26-1.33, IVK2/60: 0.33-1.55, IVK4/0: 0.32-2.70, IVK4/30: 0.36-1.81, IVK4/60: 0.44-1.37 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.07-1.65, VK0/30: 0.22-2.79, VK0/60: 0.04-1.62, VK2/0: 0.05-1.66, VK2/30: 0.04-2.48, VK2/60: 0.06-2.13, VK4/0: 0.23-1.95, VK4/30: 0.01-1.67, VK4/60: 0.11-1.72 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.03-1.90, IVK0/60: 0.32-1.73, IVK2/0: 0.20-2.05, IVK2/30: 0.27-2.03, IVK2/60: 0.24-1.60, IVK4/0: 0.08-2.69, IVK4/30: 0.23-3.50, IVK4/60: 0.31-2.08 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.13'te görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın nitrifikasyon aktivitesi; 0.hafta 0.14-0.55, 2.hafta 0.69-2.70, 4.hafta 1.02-2.14, 6.hafta 0.66-1.44 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.01-0.39, 2.hafta 0.18-0.45, 4.hafta 1.23-3.50, 6.hafta 1.42-2.53 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.12'de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkileşimin rizosfer toprağının nitrifikasyon aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre VK4/0 (1.27 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın nitrifikasyon aktivitesini en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 4.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkileşimin enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiki olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak VK0/30, VK2/30 ve IVK4/30 (sırasıyla 1.31, 1.29 ve 1.31 $\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise yine 4.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da⁻¹; **A2**: I.dönem, 2 t da⁻¹; **A3**: I.dönem, 4 t da⁻¹; **B1**: II.dönem, 0 t da⁻¹; **B2**: II.dönem, 2 t da⁻¹; **B3**: II.dönem, 4 t da⁻¹)

Çizelge 4.13. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının nitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.31	0.07	0.79	0.24	1.27	1.23	0.66	1.65	0.76F ²	0.80D
VK0/30	0.32	0.28	0.78	0.22	1.44	2.79	0.87	2.53	0.82EF	1.31A
VK0/60	0.35	0.04	0.69	0.22	1.60	1.33	0.87	1.62	0.87DEF	0.83CD
VK2/0	0.38	0.05	0.95	0.25	1.74	1.61	1.14	1.66	1.02ABCDEF	1.03BCD
VK2/30	0.47	0.04	1.11	0.31	1.70	2.48	1.38	2.10	1.17ABC	1.29A
VK2/60	0.43	0.06	0.74	0.39	1.34	2.13	1.25	1.42	0.93BCDEF	0.97BCD
VK4/0	0.37	0.23	1.08	0.32	2.14	1.95	1.27	1.86	1.27A	1.00BCD
VK4/30	0.54	0.01	0.93	0.45	1.02	1.67	1.25	1.46	0.94BCDEF	0.87CD
VK4/60	0.55	0.11	1.28	0.38	1.65	1.72	1.05	1.56	1.09ABCD	0.98BCD
IVK0/30	0.14	0.03	0.90	0.18	1.14	1.46	1.44	1.90	0.90CDEF	0.90CD
IVK0/60	0.20	0.32	1.40	0.43	1.42	1.58	1.39	1.73	1.13ABCD	0.96BCD
IVK2/0	0.18	0.25	1.13	0.20	1.27	1.88	1.29	2.05	1.01ABCDEF	1.02BCD
IVK2/30	0.26	0.37	1.28	0.27	1.18	2.03	1.33	1.48	1.08ABCDE	1.04BC
IVK2/60	0.33	0.39	1.46	0.24	1.55	1.56	1.29	1.60	1.13ABCD	0.94BCD
IVK4/0	0.32	0.08	2.70	0.31	1.22	2.69	1.20	1.58	1.20AB	1.16AB
IVK4/30	0.36	0.23	1.22	0.39	1.81	3.50	1.36	1.58	1.18AB	1.31A
IVK4/60	0.44	0.31	1.37	0.41	1.25	1.93	1.27	2.08	1.10ABCD	1.17AB
Ortalama (zaman)	0.34c ^{1,3}	0.16d	1.12b	0.30c	1.46a	1.94a	1.23b	1.73b		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	152.748*** ⁴					761.439***				
Uygulama	3.223***					5.417***				
Uygulama x Zaman	2.528***					3.859***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

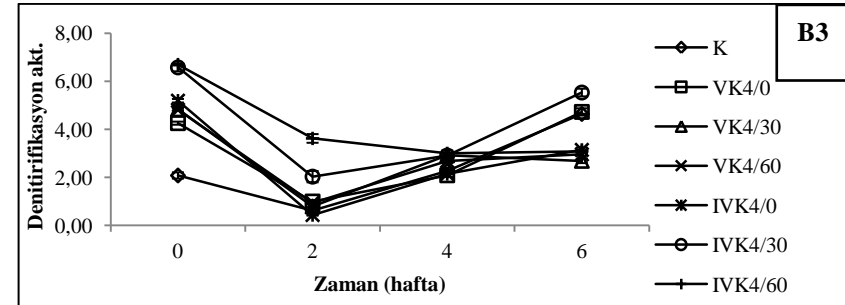
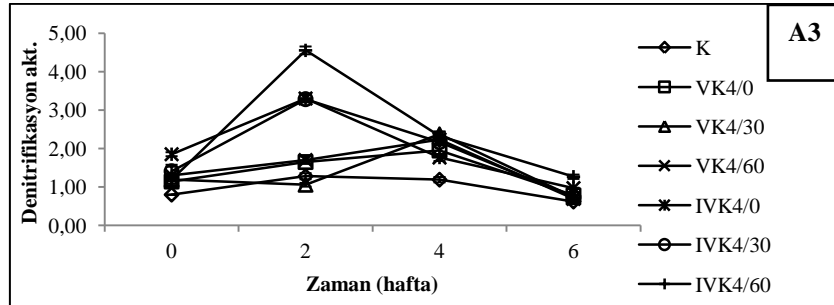
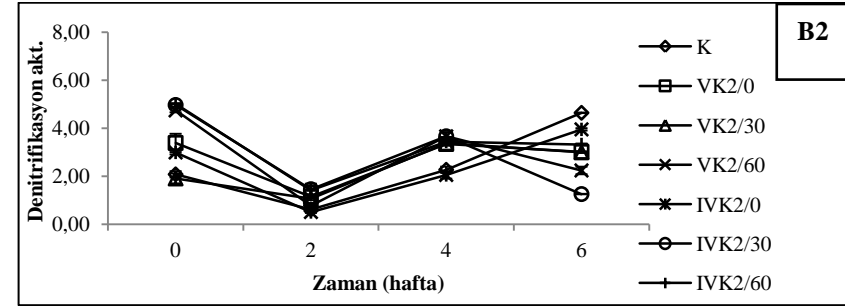
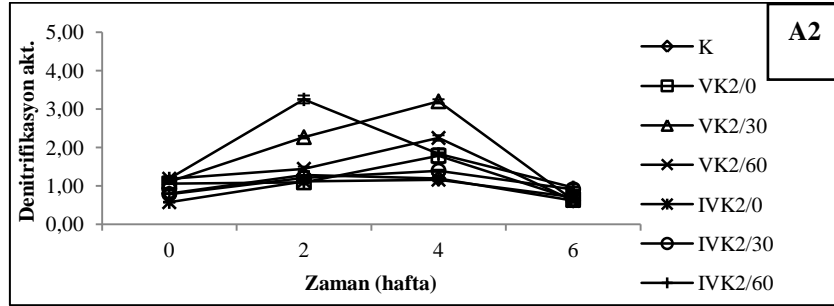
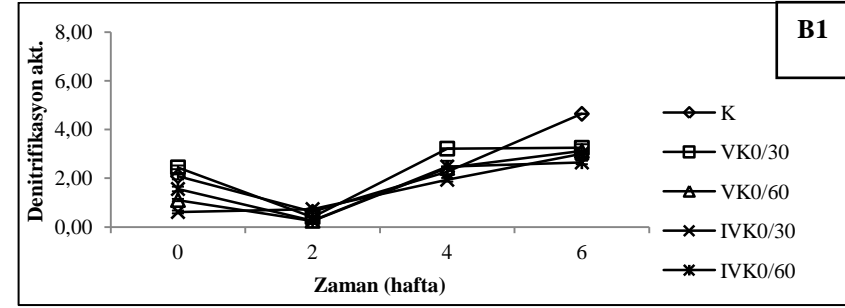
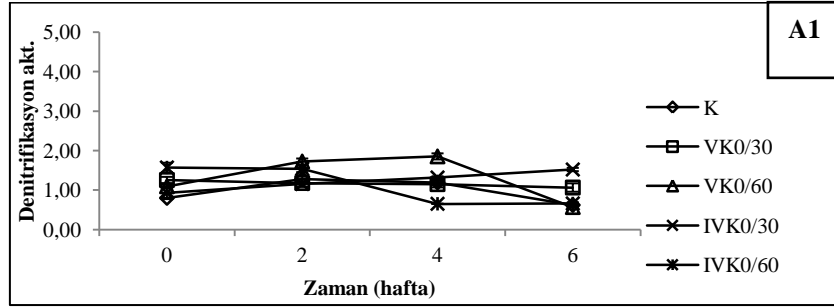
4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Toprağın nitrifikasyon aktivitesi ile verimlilik potansiyeli arasında pozitif bir korelasyon mevcut olduğundan yapılan çalışmalarda nitrifikasyon aktivitesinin belirlenmesi çok sık tercih edilmektedir. Bu çalışmada, toprağın nitrifikasyon aktivitesi dönemler arasında hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında genel olarak düşüş göstermiştir. Enzimin aktivitesinde meydana gelen bu değişimden II. yetiştiricilik döneminde düşük toprak sıcaklığı, düşük mikrobiyal çeşitlilik, kısa süreli düşmüş olan toprak pH'sı gibi faktörlerin sorumlu olduğu ifade edilebilir. Nitekim, nitrifikasyon aktivitesi ile toprak kimyasal ve biyolojik özelliklerinin yakın ilişkili olduğu bildirilmektedir (Vernimmen vd. 2007). Bununla birlikte, hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında nitrifikasyon aktivitesini en fazla arttıran uygulamaların büyük oranda VK'lı uygulamalar olduğu (sırasıyla 4/60, 2/30, 4/0, 0/30 ve 2/30) belirlenmiştir. Isıl işlem görmemiş olan vermikompostun nitrifikasyon aktivitesinin ($26.03 \mu\text{g NO}_2^- \text{g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) diğerinden daha yüksek olduğu ve bu sonucun ortaya çıkmasında önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir.

Rizosfer toprağı ve normal toprağın nitrifikasyon aktiviteleri rakamları toplu olarak birbirlerine kıyaslandığında rakamlar arasındaki farkın çok belirgin olmadığı göze çarpmaktadır. Aslında, herhangi bir uygulama yapılmamış (gübreleme, sulama, sürüm vb.) doğal ortamlarında rizosfer toprağının normal toprağa göre birçok kimyasal ve biyolojik toprak özelliği açısından üstün olduğu bilinmektedir (Maly vd. 2004). Ancak, bu çalışmada olduğu gibi organik gübre uygulamasının yapıldığı alanda normal toprak ile rizosfer toprağı arasında bu fark azalmakta ve enzim aktivitesinin esas kaynağının gübrenin teşvik ettiği mikroorganizmalar olduğu düşünülmektedir. Enzim aktivitesinin haftalık ölçümleri ile normal toprağın 6 haftalık periyotta, rizosfer toprağının enzim aktivitesinin ise 4 haftalık periyotta yüksek değerler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre kullanılan vermikompostların C/N oranlarının hızlı ayrışmaya müsait olmaması başta olmak üzere toprak biyolojik ve kimyasal özelliklerinin de hızlandırıcı etkide olmadığı varsayılmaktadır. Böylece daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda (Kale vd. 1987; Azarmi vd. 2008; Tavalı 2011; Uz vd. 2016) da ifade edildiği üzere vermikompostun içeriğindeki besinleri yavaş yavaş toprak çözeltisine bırakan 'yavaş salınımlı' bir gübre olduğunu doğrular biçimdedir.

Denitrifikasyon (normal toprak)

Marul yetiştirilen alanda normal toprağın denitrifikasyon aktivitesi değerleri ölçülmüş ve sonuçlar hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile oluşturulan denitrifikasyon aktivitesi grafikleri Şekil 4.16'da verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için enzim aktivitesinin genel olarak artış ve azalma şeklinde dalgalanma eğilimi gösterdiği bununla birlikte özellikle 2. ve 4.haftalarda sıçramalar yaptığı görülmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu artınca enzim aktivitesi değerlerinin belirgin olarak yüksek değerlerde seyrettiği göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, haftalık olarak hem uygulamalar arasında bariz farklılıklar hem de kontrole göre uygulamaların üstünlük sağladığı da görülmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise başlangıca göre enzim aktivitesinin genel itibari ile 2.haftada düşüş gösterse de sonraki haftalarda belirgin sıçrama yaptığı dikkati çekmektedir.



Şekil 4.16. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da⁻¹; **A2**: I.dönem, 2 t da⁻¹; **A3**: I.dönem, 4 t da⁻¹; **B1**: II.dönem, 0 t da⁻¹; **B2**: II.dönem, 2 t da⁻¹; **B3**: II.dönem, 4 t da⁻¹)

Çizelge 4.14. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.80	2.08	1.28	0.62	1.19	2.27	0.62	4.64	0.99GH ²	2.38D
VK0/30	1.25	2.44	1.18	0.41	1.15	3.21	1.06	3.25	1.14F	2.39D
VK0/60	1.09	1.10	1.72	0.25	1.85	2.42	0.57	3.11	1.32DE	1.78E
VK2/0	1.06	3.39	1.09	1.14	1.78	3.34	0.66	3.02	1.16F	2.83C
VK2/30	1.11	1.91	2.27	1.07	3.20	3.37	0.63	2.99	1.78B	2.36D
VK2/60	1.18	4.74	1.44	0.78	2.25	3.66	0.61	2.24	1.36D	2.88C
VK4/0	1.14	4.26	1.65	0.99	1.95	2.09	0.78	4.72	1.38D	2.99C
VK4/30	1.19	4.83	1.06	0.79	2.37	2.92	0.73	2.69	1.34DE	2.91C
VK4/60	1.30	4.81	1.70	0.94	2.24	2.68	0.69	2.96	1.53C	2.84C
IVK0/30	0.93	0.61	1.15	0.73	1.32	1.93	1.52	3.00	1.21EF	1.59E
IVK0/60	1.57	1.55	1.54	0.25	0.65	2.47	0.66	2.64	1.17F	1.68E
IVK2/0	0.58	2.99	1.12	0.51	1.16	2.05	0.71	3.95	0.89H	2.39D
IVK2/30	0.79	4.97	1.21	1.46	1.39	3.66	0.91	1.26	1.08FG	2.83C
IVK2/60	1.19	5.01	3.25	1.42	1.83	3.45	0.96	3.32	1.82B	3.41B
IVK4/0	1.85	5.19	3.30	0.43	1.77	2.14	0.97	3.14	1.90B	2.80C
IVK4/30	1.41	6.58	3.28	2.03	2.17	2.91	0.74	5.53	1.90B	4.20A
IVK4/60	1.19	6.69	4.55	3.62	2.33	3.00	1.27	3.09	2.34A	4.19A
Ortalama (zaman)	1.16c ^{1,3}	3.75a	1.95a	1.08d	1.79b	2.83c	0.83d	3.26b		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	587.553*** ⁴					881.062***				
Uygulama	76.348***					83.115***				
Uygulama x Zaman	40.114***					40.063***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı denitrifikasyon aktivitesi değişimleri Çizelge 4.14'te gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların denitrifikasyon aktiviteleri; K: 0.62-1.28, VK0/30: 1.06-1.25, VK0/60: 0.57-1.85, VK2/0: 0.66-1.78, VK2/30: 0.63-3.27, VK2/60: 0.61-2.25, VK4/0: 0.78-1.65, VK4/30: 0.73-2.37, VK4/60: 0.69-2.24 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.93-1.52, IVK0/60: 0.65-1.57, IVK2/0: 0.58-1.16, IVK2/30: 0.79-1.39, IVK2/60: 0.96-3.25, IVK4/0: 0.97-3.30, IVK4/30: 0.74-3.28, IVK4/60: 1.19-4.55 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.62-4.64, VK0/30: 0.41-3.25, VK0/60: 0.25-3.11, VK2/0: 1.14-3.39, VK2/30: 1.07-3.37, VK2/60: 0.78-4.74, VK4/0: 0.99-4.72, VK4/30: 0.79-4.83, VK4/60: 0.94-4.81 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.61-3.00, IVK0/60: 0.25-2.64, IVK2/0: 0.51-3.95, IVK2/30: 1.26-4.97, IVK2/60: 1.42-5.01, IVK4/0: 0.43-5.19, IVK4/30: 2.03-6.58, IVK4/60: 3.00-6.69 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.14'te görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın denitrifikasyon aktivitesi; 0.hafta 0.58-1.85, 2.hafta 1.06-4.55, 4.hafta 0.65-3.20, 6.hafta 0.57-1.52 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.61-6.69, 2.hafta 0.25-3.62, 4.hafta 1.93-3.66, 6.hafta 1.26-5.53 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.14'de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkileşimin toprağın denitrifikasyon aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK4/60 ($2.34 \mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın denitrifikasyon aktivitesini en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 2.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkileşimin enzim aktivitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak IVK4/30 ve IVK4/60 (sırasıyla 4.20 ve $4.19 \mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise başlangıçta (0.hafta) ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.

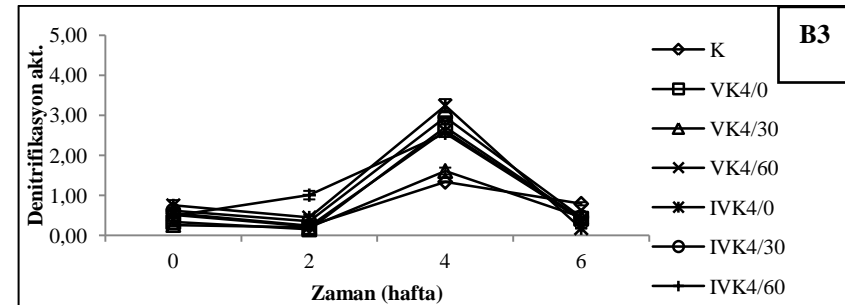
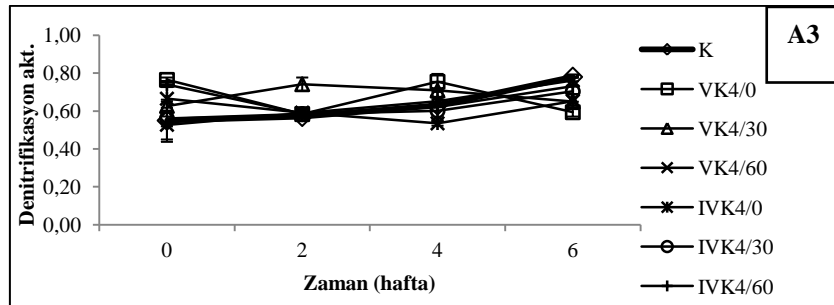
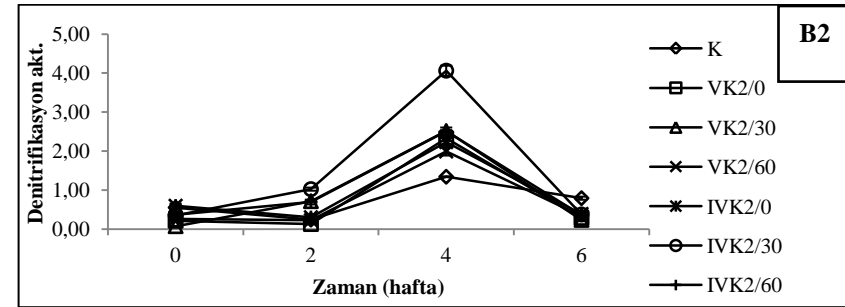
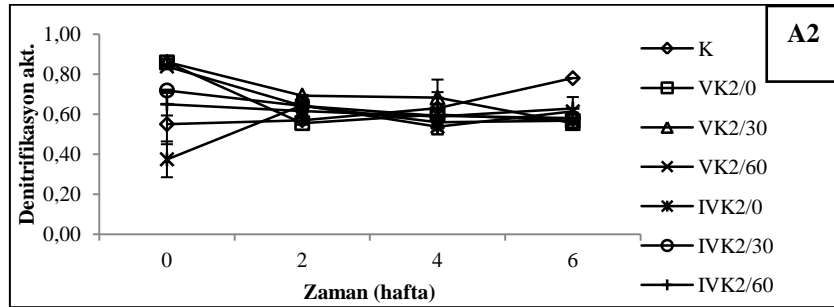
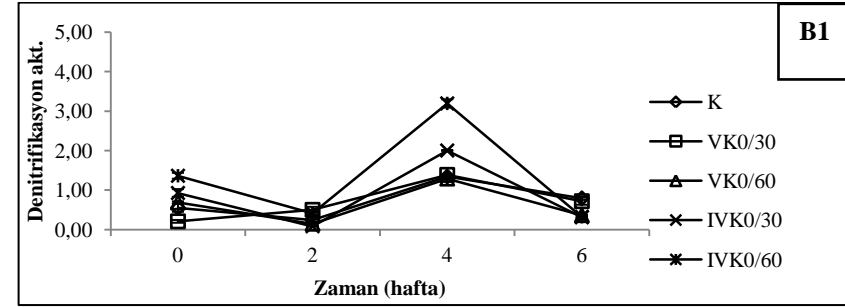
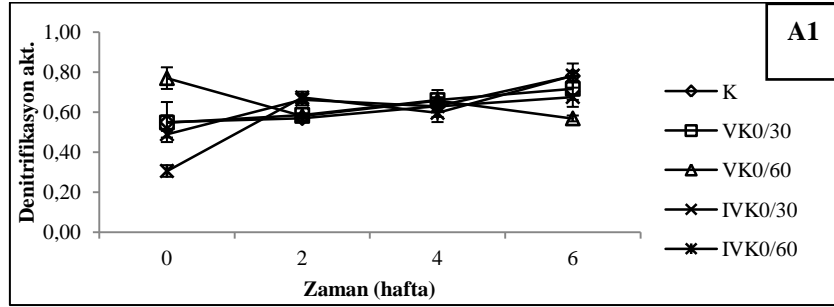
Denitrifikasyon (rizosfer toprağı)

Rizosfer toprağının denitrifikasyon aktivitesi değerleri ile oluşturulan grafikler Şekil 4.17'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için enzim aktivitesinin tüm dozlarda genel olarak küçük artış ve azalmalara rağmen stabil bir seyir gösterdiği dikkati çekmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu arttıkça enzim aktivitesi değerlerinin benzer olarak yüksek değerlerde seyretmediği de göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, birkaç istisna hariç uygulamalar arasında farklılık gözükmemekte iken uygulamaların kontrole üstün seyretmediği de görülmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise başlangıca göre enzim aktivitesinin genel itibarı ile 2.haftada küçük bir düşüş gösterse de 4.haftada çok belirgin bir sıçrama yaptığı dikkati çekmektedir. Ayrıca, bir önceki

yetiştiricilik döneminde olduğu gibi doz arttıkça enzim aktivitesi değerlerinin benzer bir artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, hem uygulamalar arasında farklılıklar olduğu hem de uygulamaların kontrole üstünlük kuracak şekilde bir seyir gösterdiği de görülebilmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı denitrifikasyon aktivitesi değişimleri Çizelge 4.15'te gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların denitrifikasyon aktiviteleri; K: 0.55-0.78, VK0/30: 0.55-0.72, VK0/60: 0.57-0.77, VK2/0: 0.56-0.86, VK2/30: 0.56-0.86, VK2/60: 0.56-0.84, VK4/0: 0.58-0.76, VK4/30: 0.63-0.74, VK4/60: 0.53-0.76 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.49-0.68, IVK0/60: 0.31-0.78, IVK2/0: 0.37-0.64, IVK2/30: 0.58-0.72, IVK2/60: 0.59-0.65, IVK4/0: 0.54-0.66, IVK4/30: 0.56-0.70, IVK4/60: 0.59-0.74 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.24-1.34, VK0/30: 0.21-1.38, VK0/60: 0.15-1.29, VK2/0: 0.13-2.32, VK2/30: 0.07-2.51, VK2/60: 0.26-1.99, VK4/0: 0.15-2.70, VK4/30: 0.20-1.61, VK4/60: 0.23-2.61 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.08-2.00, IVK0/60: 0.32-3.19, IVK2/0: 0.30-2.23, IVK2/30: 0.35-4.06, IVK2/60: 0.36-2.51, IVK4/0: 0.18-3.24, IVK4/30: 0.35-2.95, IVK4/60: 0.40-2.55 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Enzim aktivitesinin zamansal değişimi de Çizelge 4.15'te görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın denitrifikasyon aktivitesi; 0.hafta 0.31-0.86, 2.hafta 0.56-0.74, 4.hafta 0.54-0.75, 6.hafta 0.56-0.78 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.07-1.36, 2.hafta 0.08-1.02, 4.hafta 1.29-4.06, 6.hafta 0.18-0.79 $\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.15'de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkilerin toprağın denitrifikasyon aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre VK4/0 ($0.68 \mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın denitrifikasyon aktivitesini en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 6.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkilerin toprağın denitrifikasyon aktivitesi üzerine etkisinin istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak IVK0/60 ve IVK2/30 (sırasıyla 1.36 ve $1.41 \mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarının enzim aktivitesini diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Enzim aktivitesinin haftalık değişimi açısından ise 4.haftada ölçülen değer en yüksek aktivite değeri olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, 0 t da⁻¹; **A2**: I.dönem, 2 t da⁻¹; **A3**: I.dönem, 4 t da⁻¹; **B1**: II.dönem, 0 t da⁻¹; **B2**: II.dönem, 2 t da⁻¹; **B3**: II.dönem, 4 t da⁻¹)

Çizelge 4.15. Gübre uygulamalarının marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının denitrifikasyon aktivitesi ($\mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.55	0.55	0.57	0.24	0.63	1.34	0.78	0.79	0.62ABCD ²	0.75GHI
VK0/30	0.55	0.21	0.59	0.50	0.66	1.38	0.72	0.72	0.61BCDE	0.65İİ
VK0/60	0.77	0.68	0.58	0.15	0.66	1.29	0.57	0.36	0.63ABC	0.58İ
VK2/0	0.86	0.21	0.56	0.13	0.60	2.32	0.57	0.29	0.65ABC	0.75GHI
VK2/30	0.86	0.07	0.69	0.71	0.68	2.51	0.56	0.23	0.67AB	0.85EFG
VK2/60	0.84	0.26	0.64	0.22	0.56	1.99	0.57	0.33	0.65ABC	0.67Hİİ
VK4/0	0.76	0.34	0.58	0.15	0.75	2.70	0.59	0.42	0.68A	0.94DE
VK4/30	0.63	0.26	0.74	0.20	0.71	1.61	0.65	0.46	0.67AB	0.62İİ
VK4/60	0.53	0.51	0.59	0.23	0.65	2.61	0.76	0.39	0.64ABC	0.89DEF
IVK0/30	0.49	0.92	0.66	0.08	0.63	2.00	0.68	0.31	0.61BCDE	0.80FGH
IVK0/60	0.31	1.36	0.67	0.41	0.60	3.19	0.78	0.32	0.57DE	1.36A
IVK2/0	0.37	0.59	0.64	0.30	0.54	2.23	0.61	0.39	0.55E	0.93DEF
IVK2/30	0.72	0.35	0.64	1.02	0.59	4.06	0.58	0.37	0.62ABCDE	1.41A
IVK2/60	0.65	0.37	0.62	0.69	0.59	2.51	0.63	0.36	0.60CDE	1.01CD
IVK4/0	0.66	0.75	0.59	0.45	0.54	3.24	0.65	0.18	0.59CDE	1.26B
IVK4/30	0.56	0.62	0.58	0.35	0.60	2.95	0.70	0.46	0.61BCDE	1.07C
IVK4/60	0.74	0.49	0.59	1.01	0.62	2.55	0.73	0.40	0.65ABC	1.09C
Ortalama (zaman)	0.64ab ^{1,3}	0.50b	0.61bc	0.40c	0.61c	2.38a	0.64a	0.39c		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	3.293* ⁴					2158.511***				
Uygulama	3.117*** ⁵					33.229***				
Uygulama x Zaman	6.646***					24.283***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Azot çevriminin son safhası olarak gerçekleşen ancak atmosfere verdiği zarar dolayısıyla canlı yaşamı tehdit eden zehirli gazlara çıkartan denitrifikasyon olayı dünya genelinde bilim insanları tarafından çalışılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında toprağın denitrifikasyon aktivitesi her iki yetiştiricilik döneminde de büyük oranda IVK'lı uygulamalar ile en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu uygulamalardan da normal toprakta birleştirme (sırasıyla 4/60 ve 4/30), rizosfer toprağında ise hem tek hem de birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 0/60 ve 2/30) ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan ısıtılmış işlem görmüş olan vermikompostun denitrifikasyon aktivitesinin ($31.32 \mu\text{g NO}_2^- \text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) diğerinden daha yüksek olması karşılığında böyle bir sonucun ortaya çıktığı akla gelmektedir. Diğer taraftan, toprağın denitrifikasyon aktivitesinin dönemler arasında ciddi artışlar gösterdiği görülmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde toprakta özellikle NO_3^- ve NO_2^- birikiminin yanı sıra yetersiz O_2 , düşük sıcaklık, düşük pH, nem artışı ve değişen mikrobiyal çeşitliliğin bu sonucu ortaya çıkarmış olabileceği varsayılmaktadır. Nitekim, bu varsayım ile uyumlu sonuçlar literatürde yer bulmaktadır (Bijay-Singh vd. 1988; Simek vd. 2004; Vilain vd. 2010).

Rizosfer ve normal toprağın denitrifikasyon aktivitesi değerleri incelendiğinde normal topraktan elde edilen değerler rizosfer toprağına ait değerlerden yaklaşık iki kat büyük olduğu dikkati çekmektedir. Denitrifikasyon aktivitesi açısından normal toprakta görülen bu farklılığın mikrobiyal çeşitlilik ve sayının rizosfer toprağına göre az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Normal toprağın mikrobiyal çeşitliliği denitrifikasyon yapıcı mikroorganizmalar lehine kolayca değişebilir potansiyelde iken rizosfer toprağında mikroorganizmalar arasında rekabetin yüksek olması nedeniyle benzer bir sonucun ortaya çıkmasını engellediği varsayılmaktadır. Diğer taraftan, ölçüm haftaları itibari ile normal toprakta başlangıçtan itibaren görülen yüksek aktivite, rizosfer toprağında 6 haftalık periyotta sonlara doğru zirve yapmıştır. Bu sonuçta aslında yukarıda bahsedilen duruma işaret etmektedir.

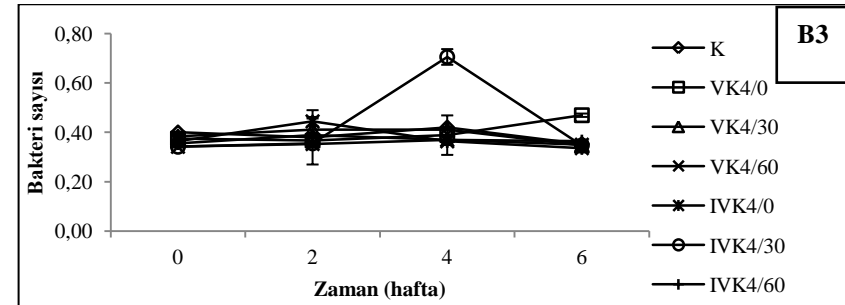
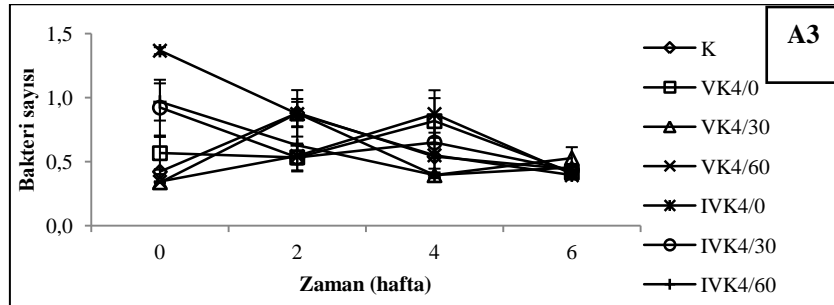
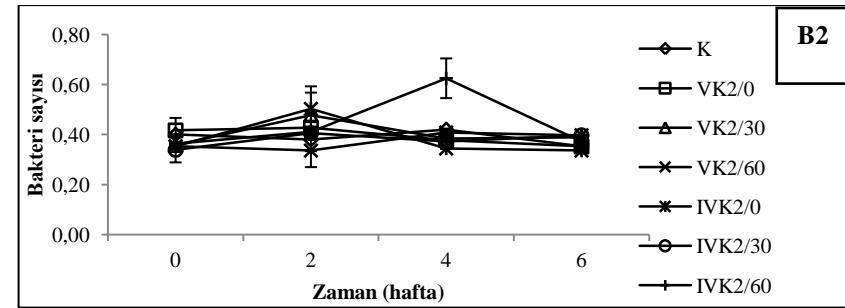
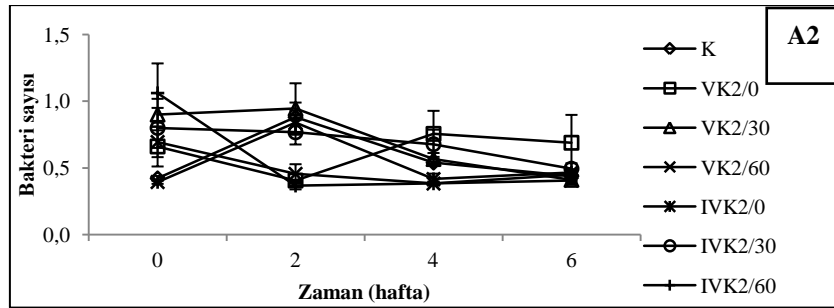
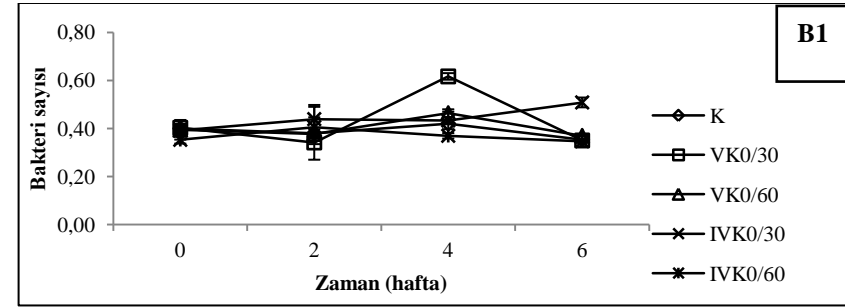
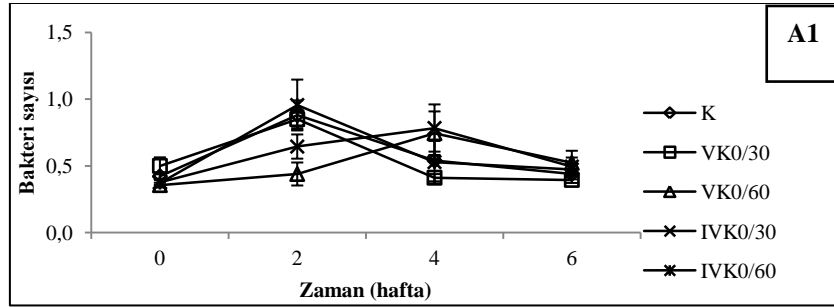
4.2.2. Bakteri sayısı

Normal toprak

Marul yetiştirilen alanda normal toprağın heterotrofik mezofilik aerobik bakteri sayısı belirlenmiş ve sonuçlar hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile oluşturulan bakteri sayısı grafikleri Şekil 4.18'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için bakteri sayısının genel bir dalgalanma eğilimi gösterdiği bununla birlikte özellikle 2. ve 4.haftalarda sıçramalar yaptığı görülmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu artınca bakteri sayısı değerlerinin belirgin olarak yüksek değerlerde seyrettiği göze çarpmaktadır. Ancak, uygulamalar arasında farklılıklar olsa da uygulamaların kontrole göre daha yüksek seyrettiğine ilişkin bir farklılık gözükmemektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise genel itibari ile tüm dozlarda 2.haftada küçük bir sıçrama olmasında karşın 4.haftada her doz için farklı bir uygulamanın bariz bir sıçrama yaptığı göze çarpmaktadır. Ayrıca, bir önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi doz arttıkça bakteri sayısı değerlerinin az da olsa benzer bir artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Ancak, istisnai uygulamalar hariç tutulduğunda uygulamalar arası ve uygulamaların kontrole göre kıyaslanması açısından değerlerin genel seyrinin birbirine çok yakın olduğu dikkati çekmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı bakteri sayısı değişimleri Çizelge 4.16'da gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların bakteri sayısı; K: 0.4-0.9, VK0/30: 0.4-0.9, VK0/60: 0.4-0.7, VK2/0: 0.4-0.8, VK2/30: 0.4-0.9, VK2/60: 0.4-0.7, VK4/0: 0.4-0.8, VK4/30: 0.3-0.9, VK4/60: 0.3-0.9 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.4-0.8, IVK0/60: 0.4-1.0, IVK2/0: 0.4-0.8, IVK2/30: 0.5-0.8, IVK2/60: 0.4-1.1, IVK4/0: 0.4-1.4, IVK4/30: 0.4-0.9, IVK4/60: 0.4-1.0 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.3-0.4, VK0/30: 0.3-0.6, VK0/60: 0.3-0.4, VK2/0: 0.3-0.4, VK2/30: 0.4-0.5, VK2/60: 0.3-0.4, VK4/0: 0.4-0.5, VK4/30: 0.3-0.4, VK4/60: 0.3-0.4 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. IVK'lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.4-0.5, IVK0/60: 0.3-0.4, IVK2/0: 0.3-0.5, IVK2/30: 0.3-0.4, IVK2/60: 0.4-0.6, IVK4/0: 0.3-0.4, IVK4/30: 0.3-0.7, IVK4/60: 0.3-0.4 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. Bakteri sayısının zamansal değişimi de Çizelge 4.16'da görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın bakteri sayısı; 0.hafta 0.3-1.4, 2.hafta 0.4-1.0, 4.hafta 0.4-0.9, 6.hafta 0.4-0.7 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.3-0.4, 2.hafta 0.3-0.5, 4.hafta 0.3-0.7, 6.hafta 0.3-0.5 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber etkilerinin kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.16'da verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki etkileşimin toprağın bakteri sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK4/0 (0.73x10⁶ kob g⁻¹ kuru toprak) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın bakteri sayısını en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Bakteri sayısının haftalık değişimi açısından ise 2.haftada ölçülen değer en yüksek değer olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki etkileşimin bakteri sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak p<0.001 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamaların ortalama değerlerine göre önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak IVK0/30 (0.48x10⁶ g⁻¹ kuru toprak) uygulamalarının bakteri sayısını diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür. Bakteri sayısının haftalık değişimi açısından ise 2. ve 4.haftalarda ölçülen değerlerin en yüksek değerler olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.18. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen normal toprağın bakteri sayısı ($\times 10^6$ kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi (A1: I.dönem, 0 t da^{-1} ; A2: I.dönem, 2 t da^{-1} ; A3: I.dönem, 4 t da^{-1} ; B1: II.dönem, 0 t da^{-1} ; B2: II.dönem, 2 t da^{-1} ; B3: II.dönem, 4 t da^{-1})

Çizelge 4.16. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan normal toprağın bakteri sayısı ($\times 10^6$ kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	0.4	0.40	0.9	0.38	0.5	0.42	0.4	0.35	0.58ABC ²	0.38BCDE
VK0/30	0.5	0.40	0.9	0.34	0.4	0.62	0.4	0.35	0.49C	0.41BC
VK0/60	0.4	0.39	0.4	0.38	0.7	0.46	0.5	0.37	0.45C	0.41BC
VK2/0	0.7	0.42	0.4	0.43	0.8	0.38	0.7	0.35	0.52ABC	0.37CDE
VK2/30	0.9	0.36	0.9	0.48	0.6	0.38	0.4	0.39	0.64ABC	0.40BCD
VK2/60	0.7	0.35	0.5	0.34	0.4	0.41	0.4	0.40	0.46C	0.37CDE
VK4/0	0.6	0.38	0.5	0.37	0.8	0.39	0.4	0.47	0.57ABC	0.40BCD
VK4/30	0.3	0.38	0.9	0.41	0.4	0.41	0.5	0.35	0.50BC	0.40BCD
VK4/60	0.3	0.34	0.5	0.35	0.9	0.37	0.4	0.35	0.51ABC	0.35E
IVK0/30	0.4	0.39	0.6	0.44	0.8	0.43	0.5	0.51	0.64ABC	0.48A
IVK0/60	0.4	0.35	1.0	0.41	0.5	0.37	0.5	0.35	0.53ABC	0.40BCD
IVK2/0	0.4	0.35	0.8	0.50	0.4	0.34	0.5	0.34	0.53ABC	0.35DE
IVK2/30	0.8	0.34	0.8	0.41	0.7	0.37	0.5	0.40	0.72AB	0.38BCDE
IVK2/60	1.1	0.36	0.4	0.41	0.4	0.63	0.5	0.37	0.65ABC	0.42BC
IVK4/0	1.4	0.36	0.9	0.44	0.6	0.36	0.4	0.34	0.73A	0.39BCDE
IVK4/30	0.9	0.34	0.5	0.36	0.7	0.71	0.4	0.35	0.64ABC	0.43B
IVK4/60	1.0	0.36	0.6	0.39	0.4	0.37	0.5	0.36	0.61ABC	0.38BCDE
Ortalama (zaman)	0.63ab ^{1,3}	0.37b	0.67a	0.41a	0.54bc	0.43a	0.46c	0.37b		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	8.738***					15.935*** ⁶				
Uygulama	1.682* ⁴					3.631***				
Uygulama x Zaman	1.756** ⁵					3.397***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5**; %1 düzeyinde önemlidir.

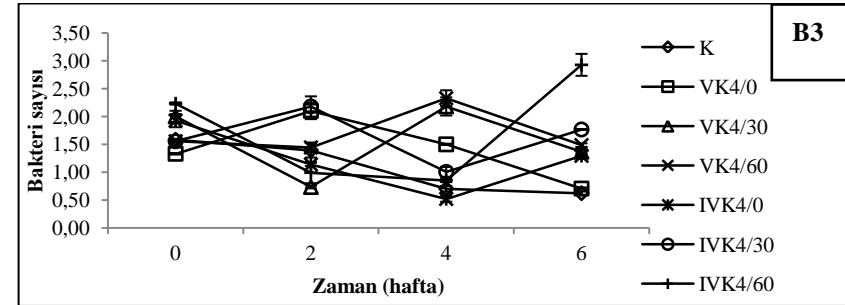
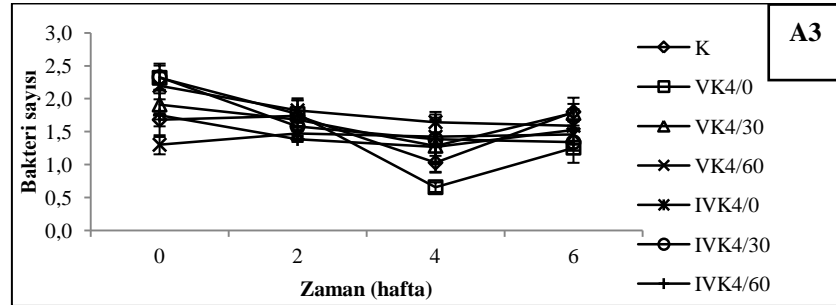
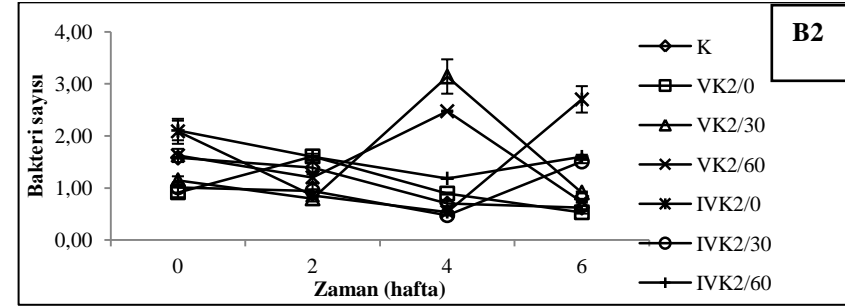
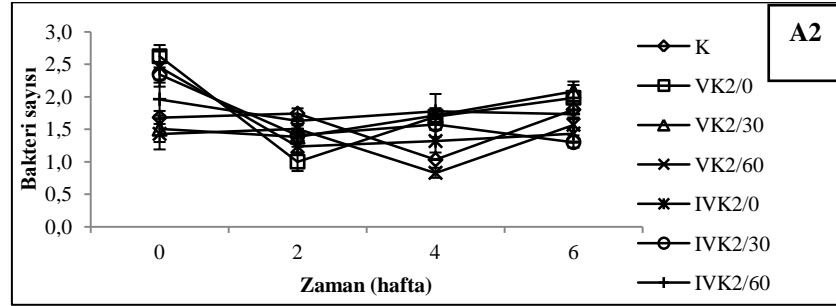
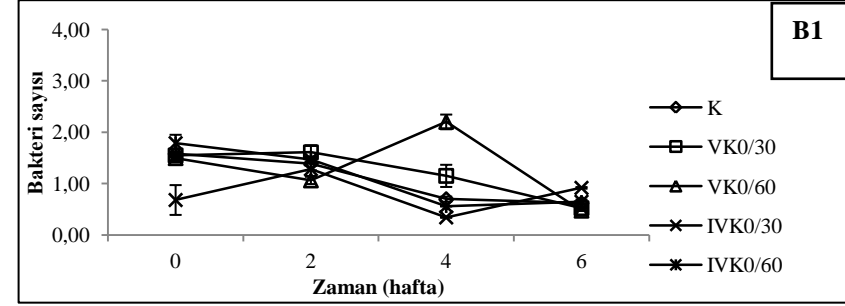
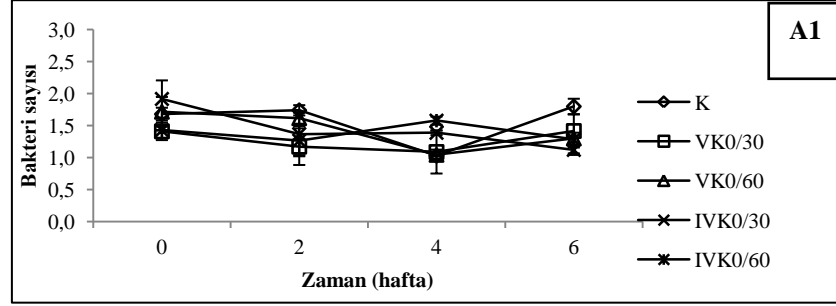
6 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Rizosfer toprağı

Rizosfer toprağındaki bakteri sayısı değerleri Şekil 4.19’da verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, I. dönem için bakteri sayısının tüm dozlarda genel olarak küçük artış ve azalmalara rağmen stabil bir seyir gösterdiği dikkati çekmektedir. Ayrıca, gübre uygulama dozu arttıkça bakteri sayısı değerlerinin benzer olarak az da olsa yüksek değerlerde seyrettiği de göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, hem uygulamalar arasında farklılık gözükmemekte hem de uygulamaların kontrole üstün seyretmediği de görülmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise bakteri sayısının genel itibari ile düşüş trendi göstermesine karşın 2. ve 4.haftalarda belirgin sıçramalar yaptığı dikkati çekmektedir. Ayrıca, bir önceki yetiştiricilik döneminde olduğu gibi doz arttıkça bakteri sayısı değerlerinin benzer bir artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, uygulamalar arasında farklılıklar olmasına karşın uygulamaların kontrole üstünlük kuracak şekilde bir seyir göstermediği de görülebilmektedir.

Farklı karakterlerdeki iki vermikompostun dozlarını kapsayan uygulama bazlı bakteri sayısı değişimleri Çizelge 4.17’de gösterilmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprakların bakteri sayısı; K: 1.0-1.8, VK0/30: 1.1-1.4, VK0/60: 1.0-1.7, VK2/0: 1.0-2.6, VK2/30: 1.4-2.1, VK2/60: 0.8-1.6, VK4/0: 0.7-2.3, VK4/30: 1.3-1.9, VK4/60: 1.3-1.5 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. IVK’lı uygulamalar ise IVK0/30: 1.1-1.9, IVK0/60: 1.3-1.6, IVK2/0: 1.2-2.5, IVK2/30: 1.3-2.3, IVK2/60: 1.6-2.0, IVK4/0: 1.6-2.2, IVK4/30: 1.3-2.3, IVK4/60: 1.3-1.8 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K: 0.6-1.6, VK0/30: 0.5-1.6, VK0/60: 0.5-2.2, VK2/0: 0.5-1.6, VK2/30: 0.8-3.1, VK2/60: 0.7-2.5, VK4/0: 0.7-2.1, VK4/30: 0.7-2.2, VK4/60: 1.4-2.3 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. IVK’lı uygulamalar ise IVK0/30: 0.3-1.3, IVK0/60: 0.6-1.8, IVK2/0: 0.5-2.7, IVK2/30: 0.5-1.5, IVK2/60: 1.2-2.1, IVK4/0: 0.5-1.9, IVK4/30: 1.0-2.2, IVK4/60: 0.9-2.9 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. Bakteri sayısının zamansal değişimi de Çizelge 4.17’de görülmektedir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın bakteri sayısı; 0.hafta 1.3-2.6, 2.hafta 1.0-1.8, 4.hafta 0.7-1.8, 6.hafta 1.1-2.1 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir. İkinci dönem ise 0.hafta 0.7-2.2, 2.hafta 0.7-2.2, 4.hafta 0.3-3.1, 6.hafta 0.5-2.9 kob g⁻¹ kuru toprak arasında değişim göstermiştir.

Gübre uygulamaları ve zamansal değişim faktörlerinin ayrı ayrı ve beraber interaksiyonlarını kapsayan istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.17’de verilmiştir. Buna göre, I. yetiştiricilik dönemi için gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın bakteri sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalama değerlerine göre IVK4/0 (1.85x10⁶ kob g⁻¹ kuru toprak) uygulamasının diğer uygulamalar ve kontrole göre toprağın bakteri sayısını en fazla arttırdığı belirlenmiştir. Bakteri sayısının haftalık değişimi açısından ise başlangıçta (0.hafta) ölçülen değerin en yüksek değer olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise uygulamalar ile haftalık değişim arasındaki interaksiyonun bakteri sayısı üzerine etkisinin istatistiki olarak p<0.001 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, önceki yetiştiricilik döneminden farklı olarak IVK4/60 (1.76x10⁶ kob g⁻¹ kuru toprak) uygulamalarının bakteri sayısını diğer tüm uygulamalar ve kontrole göre en fazla arttırdığı görülmüştür.



Şekil 4.19. Gübre uygulamalarının marul yetiştirilen rizosfer toprağının bakteri sayısı ($\times 10^6$ kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi (**A1**: I.dönem, $0 t da^{-1}$; **A2**: I.dönem, $2 t da^{-1}$; **A3**: I.dönem, $4 t da^{-1}$; **B1**: II.dönem, $0 t da^{-1}$; **B2**: II.dönem, $2 t da^{-1}$; **B3**: II.dönem, $4 t da^{-1}$)

Çizelge 4.17. Gübre uygulamaların marul yetiştiriciliği yapılan rizosfer toprağının bakteri sayısı ($\times 10^6$ kob g^{-1} kuru toprak) üzerine zamana bağlı etkisi

Uygulamalar	Zaman (hafta)								Ortalama (uygulamalar)	
	0		2		4		6			
	Yetiştiricilik dönemi								I	II
	I	II	I	II	I	II	I	II		
K	1.7	1.58	1.7	1.39	1.0	0.70	1.8	0.62	1.49BCD ²	1.01F
VK0/30	1.4	1.55	1.2	1.61	1.1	1.15	1.4	0.53	1.30D	1.20EF
VK0/60	1.7	1.50	1.6	1.06	1.0	2.20	1.3	0.48	1.40CD	1.31DE
VK2/0	2.6	0.91	1.0	1.61	1.7	0.89	2.0	0.53	1.71ABC	1.03F
VK2/30	1.5	1.15	1.4	0.80	1.7	3.14	2.1	0.91	1.70ABC	1.50BCD
VK2/60	1.4	1.62	1.5	1.20	0.8	2.47	1.6	0.73	1.40CD	1.53BC
VK4/0	2.3	1.33	1.8	2.10	0.7	1.50	1.3	0.70	1.50BCD	1.36CDE
VK4/30	1.9	2.00	1.7	0.73	1.3	2.18	1.8	1.36	1.51ABCD	1.58AB
VK4/60	1.3	1.55	1.5	1.44	1.4	2.33	1.5	1.48	1.40CD	1.68AB
IVK0/30	1.9	0.68	1.4	1.28	1.4	0.34	1.1	0.92	1.39CD	0.73G
IVK0/60	1.4	1.79	1.3	1.47	1.6	0.56	1.3	0.65	1.52ABCD	1.16EF
IVK2/0	2.5	2.09	1.2	0.86	1.3	0.54	1.4	2.70	1.69ABC	1.03F
IVK2/30	2.3	1.01	1.4	0.94	1.6	0.48	1.3	1.51	1.66ABC	1.07F
IVK2/60	2.0	2.10	1.6	1.60	1.8	1.18	1.7	1.60	1.79AB	1.53BC
IVK4/0	2.2	1.92	1.8	1.14	1.6	0.52	1.6	1.29	1.85A	1.29E
IVK4/30	2.3	1.55	1.6	2.18	1.4	1.00	1.3	1.76	1.63ABCD	1.55BC
IVK4/60	1.8	2.23	1.4	0.99	1.3	0.85	1.5	2.93	1.53ABCD	1.76A
Ortalama (zaman)	1.85a ^{1,3}	1.59a	1.49b	1.30b	1.33c	1.30b	1.55b	1.18c		
ANOVA (Tekrarlı Ölçüm; LSD %5)										
	I					II				
Zaman	18.859***					28.698*** ⁵				
Uygulama	2.307** ⁴					17.291***				
Uygulama x Zaman	1.874**					21.451***				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Aynı yetiştiricilik döneminde büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Aynı yetiştiricilik döneminde küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait hafta bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 **: %1 düzeyinde önemlidir.

5 ***: %0.1 düzeyinde önemlidir.

Mikroorganizmalar toprakta yaşamlarını devam ettirebilmek için beslenmeye ve enerjiye gereksinim duyarlar. Topraklardaki mikroorganizmaların temel besin ve enerji kaynağı ise organik maddedir. Tarım topraklarının organik madde kaynağını teşkil eden organik gübreler, topraktaki humus miktarını ve kolloidal maddeleri artırarak topraktaki yararlı bakterilerin çoğalmasında için uygun şartları sağlamaktadırlar (Fraser vd. 1988). Toprak bakterileri ise azot ve karbon gibi besin elementlerinin döngüsünde aktif görev aldıkları için toprak verimliliğinin önemli unsurlarıdır (Smith vd. 1993). Bu çalışmada, marul yetiştirilen hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında dönemler arasında bakteri sayısının genel olarak azaldığı görülmektedir. İkinci yetiştiricilik döneminde ortaya çıkan bu düşüşün bu dönemdeki toprak sıcaklığının düşük olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bir diğer faktör olarak topraktaki N, P ve C gibi besinlerin bitki tarafından da azaltılmış olması ihtimalidir ancak bu düşüncüyü diğer parametrelerde çıkan sonuçlar doğrulamamaktadır. Her ne kadar dönemler arasında bakteri sayılarında düşüş varsa da yetiştiricilik döneminin kendi içerisinde bu sayıların gübre uygulamalarına bağlı olarak arttığı dikkati çekmektedir. Hem normal toprakta hem de rizosfer toprağında bakteri sayısını arttıran uygulamaların IVK'lı uygulamalar olduğu belirlenmiştir. IVK gübresinin bakteri sayısı (5.0×10^4 kob g^{-1} kuru toprak) diğer gübreden oldukça düşüktür. Hatta ısıl işlem neticesinde yok denecek kadar azalmış gözükmektedir. Boran (2015)'in yaptığı çalışmada bildirdiğine göre ısıl işlem vermikompostun biyolojik özelliklerini (bakteri sayısı, çeşitliliği ve aktivitesi) önemli oranda azaltırken gübrenin kimyasal özellikleri üzerine olumsuz etkide bulunmamaktadır. Bu bilgiler ışığında çalışmada kullanılan gübrenin toprak bakteri sayısı üzerine etkisinin içeriğindeki mikrobiyal varlıktan ziyade özellikle organik madde, organik C, organik N ve organik P gibi kimyasal özelliklerinden kaynaklı olduğu kuvvetle muhtemeldir.

Rizosfer toprağı ile normal toprağın bakteri sayıları toplam olarak incelendiğinde rizosfer toprağındaki rakamların normal topraktaki rakamları yaklaşık 2.5-3 kat fazla olduğu görülebilmektedir. Bu sonuç çok da sürpriz olmayan bir durumu işaret etmektedir. Nitekim, rizosfer toprağının bakteri sayısı, çeşitlilik ve aktivitesinin normal topraktan oldukça yüksek olduğu bilinen bir durumdur. Ancak, burada yeni denilebilecek olan durum ise vermikompost uygulaması ile bu şartlar altında ciddi bir artış sağlanmış olmasıdır. Enzim aktivitelerinde karşılaşılmamış olan bu sonucun gübrelerin kısa süreli mineralizasyonu sürecinde toprağın bitki kökleri ile iletişim kuran bakteri sayısını arttırması olarak yorumlamanın doğru olacağı düşünülmektedir. Nitekim, organik gübre uygulaması ile topraktaki mikrobiyal varlığın önceleri yükseldiği ancak zamanla bu varlığın ciddi kayba uğradığı kimi çalışmalarda belirtilmiştir (Nannipieri vd. 1978; Appiah vd. 1985; Kirchmann ve Bergström 2001). Diğer taraftan, Urra vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada marul yetiştiriciliği yapılan toprağa kompostlanmış at ve tavuk gübresi uygulaması yapılmış ve topraktaki mikrobiyal durum incelenmiştir. Elde edilen verilere göre marulun özellikle vejetatif gelişimi döneminde kompost uygulamasının toprağın mikrobiyal solunumunu, mikrobiyal biyokütle-C ve mikrobiyal aktivitenin arttırdığı ortaya çıkmıştır. Yine, Tamilselvi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise uzun süredir (100 yıldan fazla) mısır yetiştirilen alanda topraktaki mikrobiyal varlık ve enzim aktivitelerinin mısırın vejetatif aksam geliştirdiği dönemde daha fazla arttığı tespit edilmiştir.

4.2.3. Topraktaki mineral azot formları

Amonyum (NH_4^+), nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-)

Gübre uygulamalarının toprakların NH_4^+ , NO_3^- ve NO_2^- kapsamı üzerine etkileri incelendiğinde uygulamaların her iki yetiştiricilik döneminde de (I. ve II. dönem) bahsedilen parametrelerin her birisini aynı olmak üzere $p < 0.001$ düzeyinde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Buna göre, I. dönemde toprağın NH_4^+ kapsamını IVK2/60, IVK4/0, IVK4/30 ve IVK4/60 uygulamalarının (sırasıyla 40.21, 37.03, 39.15 ve 40.21 $mg\ kg^{-1}$) en fazla arttırdıkları tespit edilmiştir. İkinci dönemde ise IVK4/60 uygulamasının (14.28 $mg\ kg^{-1}$) toprağın NH_4^+ kapsamını en fazla arttıran uygulama olduğu belirlenmiştir. Birinci yetiştiricilik döneminde toprağın NO_3^- kapsamını en fazla arttıran uygulama IVK4/60 (45.37 $mg\ kg^{-1}$) iken II. dönemde IVK2/60 uygulamasının (16.47 $mg\ kg^{-1}$) bahsedilen parametreyi en fazla arttıran uygulama olduğu tespit edilmiştir. Toprağın NO_2^- kapsamı açısından ise I. yetiştiricilik döneminde IVK2/0 (5.95 $mg\ kg^{-1}$), II. yetiştiricilik döneminde ise IVK4/0 (10.48 $mg\ kg^{-1}$) uygulamalarının en yüksek sonuç elde edilen uygulamalar olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, toprağın mineral azot formları bakımından zenginleştiğine ilişkin sonuçların IVK'lı uygulamalar ile elde edildiği dikkati çekmektedir. Ayrıca, bu sonuçlarla ilgili olarak IVK'nın tek başına (sadece fide yetiştirme ortamı gübrelili veya sadece deneme parseli gübrelili) ve birleştirme (gübrelili deneme parselleri ile fide yetiştirme ortamı gübrelili uygulamalar bir arada) uygulamalarının başrolde olduğu göze çarpmaktadır.

Toprakta toplam N belirlemesinden farklı olarak yapılan NH_4^+ , NO_3^- ve NO_2^- analizleri ile toprak örneğinde mevcut doğrudan bitkiye yarayışlı N'un kapsamını net biçimde ortaya koymak mümkün olabilmektedir. Sağlam (1976) tarafından ülkemiz topraklarının kimi bölgelerinde yürütülen çalışmalar neticesinde Rize İli topraklarında 23.12-42.90 $mg\ kg^{-1}$, Erzurum İli Pasinler İlçesi topraklarında 10.13-15.87 $mg\ kg^{-1}$ ve Iğdır İli topraklarında 12.16-35.95 $mg\ kg^{-1}$ düzeyinde NH_4-NO_3 tespit edilmiştir. Kacar (1994) tarafından bildirildiğine göre Antalya İli kıyı yöresi topraklarının NO_3-N miktarı 2.0-52.5 $mg\ kg^{-1}$ arasındadır. Bu veriler ışığında bu çalışmadaki gübre uygulamaları ile toprağın mineral azotça zenginleştiği söylenebilir. Diğer taraftan, serada marul bitkisi yetiştiriciliği için toprağa verilmesi gereken saf N miktarının yaklaşık 8-10 $kg\ da^{-1}$ olduğu bildirilmektedir (Eşiyok vd. 1996; Vural vd. 2000). Yapılan çalışmada I.dönem için yaklaşık 22 $kg\ da^{-1}$, II. dönem için ise yaklaşık 8 $kg\ da^{-1}$ saf N toprağa kazandırılmış gözükmektedir. Bu durumda, ilk dönem için ihtiyacın iki katı kadar N toprağa verilmiş iken sonraki dönem için marul bitkisinin yeterli ve dengeli beslenebilmesi için gerekli saf N toprağa kazandırılmıştır. Bu durum, organik gübrelerin kimyasal gübrelerle beraber uygulamalarının bitkisel üretimde başarıyı arttırdığı tespiti ile çelişir gözükse de gübrenin niteliğine bağlı olarak tek başına kullanımda da başarılı bir bitkisel üretimin yapılabileceğini doğrulamaktadır. Nitekim, yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar bu çalışmadaki sonuçlara uyumlu veriler paylaşmışlardır (Lampkin 2002; Ece vd. 2007; Zakir vd. 2012; Maltaş vd. 2017).

Çizelge 4.18. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların NH_4^+ , NO_3^- ve NO_2^- kapsamları üzerine etkileri

Uygulamalar	NH_4^+ (mg kg ⁻¹)		NO_3^- (mg kg ⁻¹)		NO_2^- (mg kg ⁻¹)	
	Yetiştiricilik dönemi					
	I	II	I	II	I	II
K	27.19bc ¹	10.34bc	41.90abc	13.02ab	5.49ab	7.68abc
VK0/30	7.40f	12.59ab	15.34g	8.93bcde	5.72ab	9.08ab
VK0/60	14.81e	12.59ab	24.86ef	6.75cdef	4.65abcd	7.68abc
VK2/0	13.75e	12.59ab	26.98de	3.77f	2.79e	6.29bcd
VK2/30	30.69bc	9.52bcd	44.44ab	5.16ef	3.25de	2.79e
VK2/60	29.63bc	9.52bcd	44.44ab	12.90ab	4.65abcd	4.19de
VK4/0	21.16d	7.93cde	44.09ab	2.77f	3.25de	3.49e
VK4/30	29.63bc	7.93cde	44.28ab	5.75def	2.79e	4.19de
VK4/60	31.74b	6.24def	44.03ab	10.51bcd	4.19bcde	7.68abc
IVK0/30	27.03bc	4.76ef	20.90f	12.10ab	5.12abc	8.38abc
IVK0/60	30.21bc	3.17f	21.42f	10.71bcd	2.79e	8.38abc
IVK2/0	30.98bc	6.34def	16.26g	13.49ab	5.95a	7.68abc
IVK2/30	26.45c	6.34def	27.78de	12.89ab	4.19bcde	8.38abc
IVK2/60	40.21a	7.93cde	40.47bc	16.47a	2.79e	6.98bc
IVK4/0	37.03a	11.11abc	29.63d	11.50abc	2.79e	10.48a
IVK4/30	39.15a	12.54ab	38.75c	8.73bcde	4.19bcde	5.52cde
IVK4/60	40.21a	14.28a	45.37a	13.09ab	5.12abc	6.29bcd
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	28.124*** ²	31.948***	32.731***	37.182***	9.521***	8.863***

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

4.2.4. Toprak pH ve EC değerleri ile makro-mikro element kapsamı

pH ve EC

Çizelge 4.19'da üst üste iki farklı dönemde gübre uygulamalarının toprakların pH ve EC içerikleri üzerine etkileri verilmektedir. Uygulamaların toprak pH'sı üzerine etkisi her iki dönemde de önemli bulunurken ($p < 0.001$), kontrol uygulaması ile kıyaslandığında bütün uygulamaların toprakların pH'sını düşürdüğü gözlenmiştir. Dönemler incelendiğinde ise I. dönemde toprakların pH'sı 7.46-7.77 değerleri arasında değişim gösterirken, II. dönemde 7.30-7.69 değerleri arasında değişim göstermiştir. İkinci dönemde toprakların pH'larında ki düşüşün biraz daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Yaygın olarak bilinen görüşe göre organik gübre uygulaması ile besince zenginleşen toprakta mikroorganizmaların solunumu artmakta, buna bağlı artan CO_2 de toprakta karbonik asit miktarını arttırmaktadır (Benbi vd. 1998). Böylece, toprak pH'sının düşüş gösterdiği bildirilmektedir (Tavali vd. 2014). Yapılan bazı çalışmalarda ise kimi organik gübre veya organik materyallerin toprakların pH'sını arttırabildiğine ilişkin sonuçlar da ortaya konulmuştur (Whalen vd. 2000; Mandal vd. 2007). Daha önce yapılan çalışmaların birbirleriyle tam uyum içerisinde olmadığı görülmektedir. Bu çalışmada ise toprakların pH'larının organik gübre uygulamaları ile azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların pH ve EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)'si üzerine etkileri

Uygulamalar	pH (1:2.5 su)		EC (1:2.5 su)	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	7.77a ¹	7.69a	223.53ab	238.4ab
VK0/30	7.53c	7.52bc	163.53f	168.41e
VK0/60	7.56c	7.59ab	185.23e	187.52de
VK2/0	7.62b	7.50c	184.83e	188.97de
VK2/30	7.61b	7.56b	178.97ef	194.22d
VK2/60	7.51de	7.53bc	222.40b	203.51cd
VK4/0	7.54c	7.56b	221.59b	218.86bc
VK4/30	7.50de	7.50c	186.04e	225.12b
VK4/60	7.61b	7.50c	216.24b	239.97ab
IVK0/30	7.60b	7.54bc	217.75b	238.89ab
IVK0/60	7.53de	7.40d	200.58de	231.69ab
IVK2/0	7.46e	7.41d	213.61bc	243.61a
IVK2/30	7.56c	7.43d	207.45d	234.72ab
IVK2/60	7.62b	7.30e	237.95a	210.18c
IVK4/0	7.56c	7.46cd	213.61bc	219.06bc
IVK4/30	7.60b	7.53bc	223.37ab	224.32b
IVK4/60	7.61b	7.41d	225.81ab	230.48ab
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	24.397*** ²	27.714***	6.742***	5.651*** ³

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

³***, %1 düzeyinde önemlidir.

Çalışma kapsamında toprakların EC'leri incelenmiş ve I. dönemdeki farklılıkların $p < 0.001$ düzeyinde, II. dönem farklılıklarının ise $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, I. dönemden II. döneme gidildikçe toprak EC'lerinin genel olarak artış gösterdiği dikkati çekmektedir. Bu durum muhtemelen üst üste yapılan uygulamaların bir sonucudur. Toprak EC'leri her iki dönemde de VK0/30 uygulamasında en düşük (I. dönem 163.53 ve II. dönem 168.41 $\mu\text{S cm}^{-1}$) olarak ölçülmüş iken IVK2/60 (I. dönem 237.95 $\mu\text{S cm}^{-1}$) ile IVK2/0 uygulamalarında ise en yüksek (II. dönem 243.61 $\mu\text{S cm}^{-1}$) değerleri vermişlerdir (Çizelge 4.19).

Hayvan gübrelerinin tuz içeriğinin beslenme durumu, yataklık materyali, taşıma gibi pek çok etmene bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Lampkin 2002; Schoenau 2006). Bununla beraber organik gübre uygulamalarının toprak EC değeri üzerine bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyecek bir problem oluşturmayacağı da bildirilmektedir (Sutton ve Joern 1992; Gerke vd. 1999; Kirchmann ve Bergstrom 2001; Schoenau 2006). Vermikompostun da toprakta tuzluluk yaratmayan ve içeriğindeki besinleri yavaşça toprak ortamına bırakan bir gübre olduğu bilinmektedir (Tavali vd. 2014). Romaniuk vd. (2011) vermikompost uygulamalarının toprak özellikleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmalarında, toprağa 1 ve 2 t da^{-1} gübre uygulamışlar ve vermikompost uygulamasının pek çok kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri üzerine olumlu etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Özellikle yüksek dozlarda uygulandığında toprak EC'sinde önemli ölçüde artışlar olduğunu ancak bu artışın toprakta tuzluluğa sebep olacak boyutlara ulaşmadığını bildirmişlerdir.

Yapılan diğer çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen bulgular uyum içerisinde gözükmemekte ve vermikompost uygulamalarının toprak EC'sini arttırdığı ancak bitkisel üretim için sorun olacak seviyelere ulaşmadığı görülmektedir. Diğer taraftan, her iki dönemde de hem toprak pH'sında düşüş hem de EC'de meydana gelen artışta ısıtılmış işlemlili gübrenin ön plana çıktığı görülmektedir. Ayrıca, toprakların pH ve EC değişimlerinde IVK'nın hem tek hem de birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 2/0, 2/60 ve 0/30) yukarıda bahsedilen durumu ortaya çıkardığı belirlenmiştir. Bu noktada, işlem görmüş olan gübrenin hem pH'sının (7.36) daha düşük hem de EC'sinin ($1408 \mu\text{S cm}^{-1}$) diğerlerinden daha yüksek olmasına bağlı olarak bu sonucun ortaya çıkmış olması muhtemeldir.

Toplam N ve Alınabilir P

Çizelge 4.20'de üst üste iki farklı dönemde gübre uygulamalarının topraklarda toplam N ve bitkiye yararlı P kapsamaları üzerine etkileri verilmektedir. Genel olarak uygulamalar ile birlikte toprakların toplam N ve alınabilir P kapsamalarında önemli düzeylerde artışlar gözlenmiştir (her iki parametrenin hem I. hem de II. yetiştiricilik döneminde $p < 0.001$ düzeyinde önemlidir); ancak dönemler arası değerler incelendiğinde, toprakların toplam N kapsamında artışlar gözlenirken, alınabilir P kapsamında ise genel anlamda azalmalar gözlenmiştir.

Toprakların toplam N içerikleri I. yetiştiricilik döneminde % 0.105-0.216 aralığında değişmiş ve en yüksek değer IVK2/30 uygulamasında belirlenmiştir. II. yetiştiricilik döneminde ise % 0.278 ile IVK2/60 uygulaması en yüksek toplam N içeriğine sahip olmuştur (Çizelge 4.20). Artan dozlarla birlikte toprakların toplam N içeriklerinde kontrole göre artışlar gözlenmiştir. Ayrıca, dönemsel olarak da toprağın toplam N kapsamının artmaya devam ettiği de görülmüştür. Lampkin (2002) organik bir gübre olan ahır gübresinin uzun süre etkili bir N kaynağı olduğunu belirtmiştir. Diğer taraftan Benbi vd. (1998) yapmış oldukları çalışmada farklı dozlarda organik gübre uygulaması sonucunda toprakların toplam N kapsamalarının önemli ölçüde yükseldiğini belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Zakir vd. (2012) inorganik ve organik gübre uygulamaları sonucunda toprakların N içeriklerinin önemli ölçüde yükseldiğini ve kontrol uygulamasında % 0.23 olan toplam N içeriğinin organik gübre uygulaması ile % 0.37'ye yükseldiğini bildirmişlerdir.

Toprakların alınabilir P kapsamaları incelendiğinde uygulamalara bağlı olarak toprakların alınabilir P kapsamalarının yükseldiği, ancak bazı uygulamalarda toprakların alınabilir P kapsamalarının kontrol uygulamasından bile daha düşük değerler verdiği gözlenmiştir (Çizelge 4.20). Toprakların alınabilir P kapsamaları I. yetiştiricilik döneminde $18.51-83.68 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmiş ve IVK2/30 ve IVK2/60 uygulamaları (sırasıyla 93.68 ve 91.17 mg kg^{-1}) aynı önem grubunda yer alarak en yüksek sonuçları vermişlerdir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise IVK2/60 uygulamasının (52.76 mg kg^{-1}) topraklarda en yüksek alınabilir P kapsamına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı gibi II. dönemde toprakların alınabilir P kapsamında azalmalar görülmektedir. Bu azalmaların mevsimsel nedenlerden (düşük sıcaklık, yağış vb.) kaynaklanabileceği düşünüldüğü gibi üst üste uygulamalardan da kaynaklanabileceği (çökeltme, bileşik oluşumu vb.) düşünülmektedir. Materechera ve Morutse (2009) organik gübrelerin toprakta mikroorganizmalarca açığa çıkarılan ve bitkiler tarafından gereksinim duyulan alınabilir

P bakımından önemli bir kaynak olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, Nimje ve Seth (1986); Iqbal vd. (2007) organik gübre uygulamalarının toprakların bitkiye yararlı P kapsamını arttırdığını bildirmişlerdir.

Toprakların toplam N ve alınabilir P kapsamaları üzerine, ısıtılma işleminden geçen gübre uygulamalarının geçmemiş gübre uygulamalarına göre çok daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, toprakların toplam N kapsamında IVK'nın birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 2/30 ve 2/60), alınabilir P kapsamında ise IVK'nın birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 2/30 ve 2/60) belirgin olarak farklılık meydana getirdiği belirlenmiştir. Isıtılma işlemi görmüş vermikompostun toplam N (% 1.8) ve toplam P (9800 mg kg⁻¹) kapsamlarının diğer gübreden daha yüksek olduğu düşünüldüğünde böyle bir farklılığın ortaya çıkmış olması normal karşılanabilir.

Çizelge 4.20. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların toplam N (%) ve alınabilir P (mg kg⁻¹) kapsamaları üzerine etkileri

Uygulamalar	N		P	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	0.195ab ¹	0.261ab	72.65b	40.22b
VK0/30	0.105e	0.152e	18.51f	20.78e
VK0/60	0.129d	0.193cd	35.33d	26.02cd
VK2/0	0.153cd	0.205bc	38.60d	41.74b
VK2/30	0.164c	0.256ab	35.39d	25.43cd
VK2/60	0.161c	0.258ab	37.74de	38.35c
VK4/0	0.152cd	0.214bc	78.14ab	37.04c
VK4/30	0.167c	0.206bc	59.02bc	25.77cd
VK4/60	0.173ab	0.259ab	72.26b	41.16b
IVK0/30	0.175ab	0.257ab	72.59b	29.44cd
IVK0/60	0.173ab	0.224b	79.12ab	24.26de
IVK2/0	0.162bc	0.206bc	77.56ab	43.52b
IVK2/30	0.216a	0.227b	83.68a	27.67cd
IVK2/60	0.130d	0.278a	81.17a	52.76a
IVK4/0	0.174ab	0.203bc	77.09ab	41.12b
IVK4/30	0.157cd	0.228b	72.34b	40.63b
IVK4/60	0.153cd	0.196cd	71.62b	43.44b
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	28.289*** ²	32.136***	15.159***	12.860***

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Değişebilir K, Ca, Mg

Üst üste iki farklı dönemde gübre uygulamalarının toprakların değişebilir K, Ca ve Mg kapsamaları üzerine etkileri Çizelge 4.21'de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde uygulamaların toprakların değişebilir Ca ve Mg içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, sadece değişebilir K kapsamı uygulamalardan istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir (p<0.001). Toprakların değişebilir K kapsamı I. yetiştiricilik döneminde 0.406-0.664 meq K/100g değerleri arasında değişmiş ve en yüksek değerler IVK2/0 uygulamasında (0.664 meq K/100g) elde edilmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise toprakların değişebilir K kapsamaları 0.517-1.128 meq K/100g değerleri arasında değişim göstermiş iken en yüksek değer IVK2/60

uygulamasında (1.128 meq K/100g) belirlenmiştir. Ayrıca, Çizelgeden toprakların değişebilir K kapsamlarının II. yetiştiricilik döneminde artış gösterdiği net bir biçimde görülmektedir. Ayrıca, ısıtılma işleminden geçmiş olan vermikompostun kullanıldığı uygulamaların her iki yetiştiricilik döneminde de ön plana çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte, I. yetiştiricilik döneminde IVK'nın sadece tek başına uygulaması (2/0), II. yetiştiricilik döneminde ise IVK'nın birleştirme uygulamasının (2/60) fark yarattığı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan vermikompostlardan ısıtılma işlem görenin toplam K içeriğinin (8650 mg kg⁻¹) diğerine göre daha yüksek olduğu düşünüldüğünde yukarıda bahsedilen sonuçlara ulaşmanın mümkün olabileceği varsayılmaktadır. Nitekim, Uz vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada farklı dozlarda vermikompost uygulamalarının toprakların değişebilir K kapsamlarını gübre içeriğine bağlı olarak önemli miktarlarda arttırdığı bildirilmektedir.

Çizelge 4.21. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların değişebilir K (meq/100 g), Ca (meq/100 g) ve Mg (meq/100 g) kapsamları üzerine etkileri

Uygulamalar	K		Ca		Mg	
	Yetiştiricilik dönemi					
	I	II	I	II	I	II
K	0.606ab ¹	1.051ab	11.26	17.56	1.56	1.92
VK0/30	0.406d	0.517f	11.52	18.17	1.45	2.31
VK0/60	0.425c	0.573ef	15.13	17.96	1.59	2.40
VK2/0	0.453bc	0.608e	16.45	17.07	1.34	2.38
VK2/30	0.579b	0.713de	16.49	16.65	1.78	2.43
VK2/60	0.550b	0.873bc	16.61	17.08	1.61	2.42
VK4/0	0.591b	0.742d	16.78	17.28	1.39	2.38
VK4/30	0.511bc	0.860bc	16.06	17.62	1.47	2.36
VK4/60	0.603ab	0.897bc	15.59	18.11	1.78	2.41
IVK0/30	0.555b	0.907bc	14.17	18.12	1.49	2.39
IVK0/60	0.551b	0.975b	14.39	17.26	1.67	2.28
IVK2/0	0.664a	0.823cd	17.98	17.31	1.51	2.51
IVK2/30	0.584b	0.896bc	14.67	16.98	1.57	2.47
IVK2/60	0.574b	1.128a	15.08	17.23	1.45	2.56
IVK4/0	0.555b	0.898bc	14.18	17.08	1.59	2.38
IVK4/30	0.585b	0.908bc	17.22	16.93	1.63	2.42
IVK4/60	0.590b	1.065ab	16.37	18.01	1.61	2.44
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	7.265*** ²	6.142***	Ö.D. ³	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

³Ö.D.; önemli değil.

Alınabilir Fe, Zn, Mn, Cu

Çizelge 4.22'de gübre uygulamalarının farklı yetiştiricilik dönemlerinde toprakların alınabilir Fe ve Mn kapsamları üzerine olan etkileri verilmektedir. Toprakların alınabilir Fe ve Mn içerikleri uygulamalara göre değişkenlik göstermiş ve önemli düzeylerde etkilenmiştir (her iki yetiştiricilik döneminde de p<0.001 düzeyinde). Bununla beraber dönemler arasında hem Fe hem de Mn içeriklerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bu durum büyük ihtimalle 2. dönemin daha soğuk olması nedeniyle yeterince ayrışmanın olmamasından ve hem I. hem de II. yetiştiricilik döneminde

ayırışma sonucunda meydana gelen reaksiyonların (çökeltme gibi) toprakların alınabilir Fe ve Mn içeriklerinin düşmesine neden olduğunu düşündürmektedir.

Toprakların alınabilir Fe içerikleri I. yetiştiricilik döneminde 5.81-10.68 ppm arasında değişmiş ve sırasıyla kontrol ve IVK2/0 uygulamalarından elde edilmiştir. Genel olarak yüksek dozların daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise toprakların alınabilir Fe içerikleri 3.65-6.04 ppm aralığında değişirken, kontrol uygulaması benzer şekilde en düşük değeri verirken, IVK2/60 uygulaması en yüksek Fe değerini vermiştir. Bu dönemde daha önceden de bahsedildiği gibi toprakların alınabilir Fe kapsamlarında azalmalar gözlenmiştir. Toprakların alınabilir Mn kapsamı incelendiğinde I. yetiştiricilik döneminde IVK0/30 uygulamasının 36.62 ppm ile en yüksek Mn değerine sahip uygulama olduğu belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise IVK2/60 uygulamasının (23.25 ppm) toprakların alınabilir Mn kapsamını en fazla arttıran uygulama olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Fe ve Mn (ppm) kapsamı üzerine etkileri

Uygulamalar	Fe		Mn	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	5.81e ¹	3.65e	26.42c	18.06de
VK0/30	7.72cd	3.98de	29.03bc	17.21e
VK0/60	7.75cd	3.87de	30.76b	19.53bc
VK2/0	6.99de	4.08d	29.02bc	17.76e
VK2/30	7.75cd	5.15b	35.07ab	21.24b
VK2/60	7.30de	4.08d	33.59ab	18.02de
VK4/0	7.80cd	4.03d	29.25bc	20.03bc
VK4/30	7.61cd	5.08bc	33.46ab	21.11b
VK4/60	9.99ab	5.57ab	29.04bc	21.24b
IVK0/30	9.95ab	4.78c	36.62a	21.86b
IVK0/60	8.83bc	5.15b	33.43ab	21.77b
IVK2/0	10.68a	5.21ab	29.71bc	20.31bc
IVK2/30	10.36ab	5.31ab	29.60bc	20.29bc
IVK2/60	8.59bc	6.04a	29.74bc	23.25a
IVK4/0	8.82bc	4.76c	29.03bc	20.21bc
IVK4/30	9.95ab	5.29ab	30.74b	20.04bc
IVK4/60	9.97ab	5.15b	33.45ab	21.18b
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	8.750*** ²	11.235***	9.521***	4.768***

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.23'te farklı yetiştiricilik dönemlerinde gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Zn ve Cu kapsamı üzerine olan etkileri verilmektedir. Toprakların alınabilir Zn kapsamı her iki dönemde de önemli farklılıklar gösterirken (p<0.001), Cu kapsamındaki değişimler ise istatistiksel olarak önemsiz olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, toprakların alınabilir Fe ve Mn kapsamına benzer olarak alınabilir Zn kapsamında da dönemler arasında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Toprakların alınabilir Zn kapsamı I. yetiştiricilik döneminde uygulamalar arasında önemli farklılıklar göstermiştir. IVK2/60 uygulaması 9.51 ppm ile en yüksek değeri vermiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise toprakların alınabilir

Zn kapsamı 2.54-5.33 ppm arasında değişmiş ve en yüksek değer yine IVK2/60 uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.23. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Zn (ppm) ve Cu (ppm) kapsamı üzerine etkileri

Uygulamalar	Zn		Cu	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	4.50e ¹	2.54e	2.21	1.61
VK0/30	9.03ab	3.59cd	2.13	1.50
VK0/60	6.32bc	2.78cd	2.18	1.53
VK2/0	6.23bc	4.91ab	2.37	1.61
VK2/30	5.70cd	3.48cd	2.41	1.72
VK2/60	5.51cd	3.57cd	2.13	1.61
VK4/0	8.97ab	4.88ab	2.18	1.67
VK4/30	5.21de	4.91ab	2.34	1.63
VK4/60	8.85ab	4.96ab	2.44	1.71
IVK0/30	6.69bc	3.59cd	2.61	1.62
IVK0/60	5.59cd	4.99ab	2.29	1.64
IVK2/0	8.13ab	4.98ab	2.32	1.73
IVK2/30	8.29ab	5.06ab	2.43	1.62
IVK2/60	9.51a	5.33a	2.19	1.74
IVK4/0	5.60cd	4.91ab	2.22	1.66
IVK4/30	6.26bc	4.98ab	2.48	1.61
IVK4/60	8.26ab	4.96ab	2.27	1.68
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	6.125*** ²	4.156***	Ö.D. ³	Ö.D.

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

³Ö.D.; önemli değil.

Burada elde edilen sonuçlara uyumlu olarak yapılan bazı çalışmalarda, toprağa uygulanan farklı karakterlerdeki ahır gübresi, tavuk gübresi, vermikompost vb. organik gübrelerin toprakların mikro element kapsamını önemli ölçüde arttırarak özellikle Fe, Zn, Mn ve Cu'ca zenginleştirdiği bildirilmektedir (Tavali vd. 2014; Çıtak vd. 2011; Uz vd. 2016). Diğer taraftan, ısıtılmış vermikompost uygulamasının toprakların alınabilir Fe, Mn ve Zn kapsamı üzerine diğer gübre uygulamalarından daha çok etki yaptığı dikkati çekmektedir. Bu noktada, toprakların alınabilir Fe ve Mn kapsamı üzerine dönemsel olarak IVK'nın tekli ve birleştirme dozlarının (sırasıyla 2/0, 2/60, 0/30 ve 2/60), Zn kapsamı üzerine ise IVK'nın birleştirme dozunun (2/60) daha etkili olduğu da görülmektedir. Çalışmada kullanılan IVK'lı gübrenin toplam Fe, Mn ve Zn içeriğinin (sırasıyla 1391, 439 ve 62.94 ppm) diğer gübreden daha zengin olduğu göz önüne alındığında toprağın bahsedilen mikro elementlerce farklılaşmasını açıklar nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Organik gübreler, topraktaki humus miktarını ve kolloidal maddeleri artırır. Ayrıca, bunlar toprak için uzun süreli bir azot ve fosfor kaynağı olmalarının yanı sıra toprakta potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko gibi katyonların değişim kapasitesini de arttırmaktadırlar (Candemir 2005). Bahsedilen katyonların humus tarafından tutulması ve değiştirilmesinin sonucu olarak toprak verimliliği de büyük ölçüde artmaktadır (Khaleel vd. 1981; Benbi vd. 1998; Nyamangara vd. 2001). Diğer

tarafından, vermikompost ta tıpkı diğer organik gübreler gibi uygulandığı toprağın katyon değiştirme kapasitesine olumlu etkide bulunmaktadır (Hashemimajd vd. 2004). Birçok araştırmacının elde ettiği sonuçlar göstermiştir ki vermikompost da çok değişik şartlar (iklim, toprak yapısı, sulama, tarım alanı vb.) altında toprakta kimi makro ve mikro besin elementlerinin miktarını ve yararlılığını olumlu yönde etkileyebilmektedir (Azarmi vd. 2008; Manivannan vd. 2009; Najafi-Ghiri 2014; Masciandaro vd. 2014; Patel vd. 2015). Literatüre benzer biçimde bu çalışma ile vermikompost uygulamasının her iki yetiştiricilik döneminde de toprakta özellikle N, P, K, Fe, Mn ve Zn gibi makro-mikro besin elementlerinin kapsamını arttırdığı belirlenmiştir. İlginç olan ise bu artışlardan sorumlu olan vermikompost çeşidinin çok baskın bir biçimde ısıtılmış işlem görmüş olan olduğudur.

4.2.5. Marulun mineral beslenme durumu

Toplam N, P, K, Ca, Mg

Çizelge 4.24’de farklı dönemlerde yapılan gübre uygulamalarının marulun tüketilen kısımlarının N ve P içerikleri üzerine etkileri verilmektedir. Bitkilerin (tüketilen kısımlarında) N içerikleri gübre uygulamalarından her iki dönemde de istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca, bitkinin N içeriğinin dönemler arasında azalma gösterdiği de dikkati çekmektedir. Diğer taraftan, gübre uygulamalarının bitkinin P içeriklerine etkisi istatistiksel açıdan önemsiz olarak tespit edilmiştir. Bitkilerin N içerikleri I. yetiştiricilik döneminde % 1.65-2.88 arasında değişmiş ve en düşük N içeriği kontrol uygulamasından elde edilirken, en yüksek N içeriği ise IVK0/60 ve IVK2/30 uygulamalarından elde edilmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise bitkilerin N içerikleri % 1.39 ile % 2.80 değerleri arasında ve en yüksek değer IVK0/60 ve IVK4/0 uygulamalarında belirlenmiş ve aynı önem grubunda yer almışlardır.

Bu çalışmada vermikompost uygulaması ile marulun makro-mikro elementler yönünden beslenme durumu incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla uyum içerisindedir. Nitekim, Tavalı vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada karnabahar üretiminde vermikompostun kullanım olanakları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre vermikompost karnabaharın mineral beslenme durumunu olumlu yönde etkilemiştir. Ancak, en yüksek vermikompost dozunda (VK-8) karnabaharın veriminde azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, taç çapı ile karnabahar verimi arasında pozitif ilişki belirlenmiş iken taç çapı ile azot (N), potasyum (K) ve demir (Fe) değerleri arasında negatif ilişki tespit edilmiştir. Yine Tavalı vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada ise beyaz lahanaya yetiştiriciliğinde vermikompostun kullanım olanakları incelenmiştir. Artan dozlarda vermikompost uygulaması beyaz baş lahananın kalite özellikleri, mineral beslenme durumu ve dekara verim değerlerini kontrole göre istatistiksel açıdan olumlu etkilemiştir. Ayrıca, lahanaya baş kuru ağırlığı ile vitamin C değeri arasında ve lahanaya baş çapı ile yaprakların N, K konsantrasyonları arasında önemli pozitif ilişki tespit edilmiştir. Lahanaya yaprağında özellikle N ve Mg elementlerinin konsantrasyonlarının vermikompost uygulaması ile beslenme açısından yeterli düzeye ulaştığı görülmüştür.

Çizelge 4.24. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin toplam N (%) ve P (ppm) içerikleri üzerine etkileri

Uygulamalar	N		P	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	2.15bc ¹	1.85bc	0.43	0.35
VK0/30	1.90cd	1.58c	0.46	0.32
VK0/60	1.65d	1.39d	0.41	0.33
VK2/0	1.87cd	1.86bc	0.37	0.35
VK2/30	1.81cd	2.34ab	0.45	0.39
VK2/60	2.46b	2.41ab	0.40	0.37
VK4/0	2.35b	2.22ab	0.37	0.39
VK4/30	2.33b	1.50c	0.39	0.40
VK4/60	2.15bc	1.54c	0.41	0.33
IVK0/30	2.77ab	1.71bc	0.39	0.31
IVK0/60	2.82a	2.76a	0.42	0.32
IVK2/0	2.78ab	1.34d	0.45	0.30
IVK2/30	2.88a	2.44ab	0.36	0.31
IVK2/60	2.79ab	2.54ab	0.43	0.39
IVK4/0	2.45b	2.80a	0.40	0.31
IVK4/30	2.61b	2.43ab	0.44	0.39
IVK4/60	2.64b	2.56ab	0.46	0.35
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	39.157*** ²	33.267***	Ö.D. ³	Ö.D.

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

³Ö.D.; önemli değil.

Çizelge 4.25’de farklı yetiştiricilik dönemlerinde gübre uygulamalarının marul bitkisinin tüketilen kısımlarının K, Ca ve Mg içerikleri üzerine etkileri verilmektedir. Bitkilerin (tüketilen kısım) K içerikleri her iki dönemde de farklı düzeylerde olmak üzere önemli ölçüde uygulamalardan etkilenmiştir (sırasıyla I. dönem $p<0.001$ ve II. dönem $p<0.05$). Bitkinin K içerikleri I. yetiştiricilik döneminde % 0.71-1.07 arasında değişmiş ve en yüksek değer IVK2/30 uygulamasında elde edilmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise K içeriği % 1.02-2.70 arasında değişmiş, en yüksek değer bu defa IVK4/30 uygulamasında tespit edilmiştir. Ayrıca, bitkinin K içeriği yetiştiricilik dönemleri arasında artış veya azalma bakımından tutarsızlık göstermektedir. Değerler arasında K bakımından gözlenen uyumsuzluğun yetiştiricilik koşulları, uygulamalar ve iklimsel koşullardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bitkilerin Ca ve Mg içerikleri ise her iki yetiştiricilik döneminde de uygulamalardan istatistiksel anlamda etkilenmemiş olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, bitkinin hem N ve hem de K içeriğinin sadece IVK’lı uygulamalar ile diğer tüm uygulamalardan farklılaştığı göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, N içeriğini IVK’nın hem tekli hem de birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 0/60, 2/30 ve 4/0), K içeriğini ise IVK’nın sadece birleştirme uygulamalarının (sırasıyla 2/30 ve 4/30) etkilediği görülmektedir.

Çizelge 4.25. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin K (%), Ca (%) ve Mg (ppm) içerikleri üzerine etkileri

Uygulamalar	K		Ca		Mg	
	Yetiştiricilik dönemi					
	I	II	I	II	I	II
K	0.81cd ¹	1.59cd	0.66	0.71	1478	1419
VK0/30	0.71e	1.02d	0.72	0.82	1483	1497
VK0/60	0.79d	1.89b	0.69	0.85	1481	1509
VK2/0	0.84bc	2.28ab	0.82	0.83	1483	1527
VK2/30	0.80d	2.07b	0.81	0.71	1484	1453
VK2/60	0.87bc	1.70bc	0.76	0.72	1484	1440
VK4/0	0.78de	1.58cd	0.83	0.85	1483	1342
VK4/30	0.77de	1.87c	0.71	0.84	1496	1239
VK4/60	0.87bc	1.43cd	0.74	0.80	1490	1254
IVK0/30	0.86bc	1.71bc	0.88	0.81	1479	1328
IVK0/60	0.86bc	1.70bc	0.82	0.86	1492	1401
IVK2/0	0.96ab	1.61cd	0.84	0.79	1494	1388
IVK2/30	1.07a	1.41cd	0.82	0.78	1489	1393
IVK2/60	0.83cd	1.78c	0.77	0.86	1480	1532
IVK4/0	0.94ab	2.43ab	0.79	0.84	1492	1428
IVK4/30	0.95ab	2.70a	0.85	0.81	1487	1502
IVK4/60	0.96ab	2.25ab	0.86	0.88	1488	1487
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	5.159*** ²	2.987* ³	Ö.D. ⁴	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

³*; %5 düzeyinde önemlidir.

⁴Ö.D.; önemli değil.

Toplam Fe, Zn, Mn, Cu

Çizelge 4.26'da farklı yetiştiricilik dönemlerinde gübre uygulamalarının marul bitkisinin tüketilen kısımlarında Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri üzerine etkileri verilmektedir. İlginç olarak bitkilerin Mn ve Cu içerikleri her iki dönemde de uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmemiştir. Bitkilerin Fe içerikleri I. yetiştiricilik döneminde istatistiki olarak $p < 0.001$ düzeyinde, II. yetiştiricilik döneminde ise $p < 0.05$ düzeyinde önemli ölçüde etkilenmiştir. Zn içerikleri ise her iki yetiştiricilik döneminde de istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli ölçüde etkilenmiştir. Bununla beraber, dönemler arasında bitkilerin Fe ve Zn içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir.

Bitkilerin Fe içerikleri I. yetiştiricilik döneminde 88.02-139.07 ppm arasında değişim göstermiş ve IVK4/30 uygulaması en yüksek Fe değeri veren uygulama olmuştur. İkinci yetiştiricilik döneminde ise Fe içerikleri 32.05-71.08 ppm arasında değişim göstermiş, IVK4/60 uygulamasının bitkinin Fe içeriğini en fazla arttıran uygulama olduğu tespit edilmiştir. Zn içerikleri ise I. yetiştiricilik döneminde 15.01-77.68 ppm arasında değişim göstermiş ve IVK4/30 uygulamasında en yüksek Zn değeri görülmüştür. İkinci yetiştiricilik döneminde ise 7.04-24.00 ppm arasında değişmiş ve IVK4/30 uygulaması en yüksek değer elde edilmiştir. Bununla birlikte, hem Fe hem de Zn içerikleri açısından IVK'lı uygulamaların ön planda olduğu, bunların da hepsinin birleşme uygulamaları olduğu dikkati çekmiştir. Bitkilerin Fe ve Zn içeriklerinin IVK'lı uygulamalar ile fark yaratmasında ısıl işlem görmüş gübrenin Fe ve Zn içeriğinden

kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim, yapılan çalışmalarda organik gübrelerin bitkilerin mikro elementlerce beslenmesini desteklediği bildirilmektedir (Beşirli vd. 2007; Çıtak vd. 2011; Tavalı vd. 2014). Diğer taraftan, Fe ve Zn içeriklerinin dönemler arası düşmesinde düşük toprak ve sera içi sıcaklığı, düşük solar radyasyon vb. iklimsel koşullardan kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.26. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri (ppm) içerikleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Fe		Mn		Zn		Cu	
	Yetiştiricilik dönemi							
	I	II	I	II	I	II	I	II
K	88.02c ¹	32.05d	13.61	11.72	15.01d	11.26c	2.42	2.36
VK0/30	95.01bc	42.04c	13.03	13.01	24.22c	14.40bc	2.43	2.72
VK0/60	114.03b	40.03c	12.62	13.22	24.90c	14.40bc	2.33	2.71
VK2/0	109.06b	37.01c	13.16	13.13	29.36c	17.65bc	2.42	2.69
VK2/30	99.04bc	44.08bc	13.19	13.66	37.74bc	14.43bc	2.42	3.00
VK2/60	107.09b	41.03bc	13.77	11.44	45.51bc	16.00bc	2.44	2.56
VK4/0	100.04bc	45.04bc	13.05	11.78	40.82bc	17.65bc	2.39	2.67
VK4/30	118.00b	53.01b	13.02	12.45	54.83b	22.40b	2.31	3.01
VK4/60	99.01bc	63.03b	13.31	11.36	58.01b	24.06b	2.43	3.02
IVK0/30	98.02bc	38.07c	12.99	13.71	23.17c	16.08bc	2.37	3.00
IVK0/60	108.03b	40.01c	13.04	12.32	27.82c	16.03bc	2.37	3.00
IVK2/0	104.04b	39.03c	13.21	11.16	46.73bc	17.66bc	2.40	2.98
IVK2/30	115.08b	55.01b	13.05	11.73	55.84b	17.63bc	2.39	2.99
IVK2/60	105.04b	61.00b	13.13	13.07	77.68a	16.02bc	2.39	2.96
IVK4/0	121.09ab	56.08b	13.01	12.39	55.69b	22.40b	2.41	3.00
IVK4/30	139.07a	59.03b	12.95	13.05	64.92ab	38.41a	2.47	2.96
IVK4/60	123.03ab	71.08a	13.07	12.42	56.74b	27.31b	2.45	3.02
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	2.359*** ²	1.857* ⁴	Ö.D. ⁵	Ö.D.	3.741*** ³	5.863**	Ö.D.	Ö.D.

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

³**; %1 düzeyinde önemlidir.

⁴*; %5 düzeyinde önemlidir.

⁵Ö.D.; önemli değil.

Bitkilerin beslenme durumlarının ortaya konmasında dikkate alınan en önemli parametrelerden birisi de bitki yaprağındaki bitki besin elementlerinin kritik konsantrasyonlarıdır. Marul bitkisi için Jones vd. (1991) tarafından bildirilen yapraktaki bazı besin elementlerinin konsantrasyonları N için % 2.5-3.5, P için % 0.5-0.6, K için % 4.0-5.0, Ca için % 1.0-1.5, Mg için % 0.3-0.5, Fe için 100-150 ppm, Mn için 40-60 ppm, Zn için 20-30 ppm, Cu için 6-10 ppm aralığındadır. Bu değerler çalışma kapsamında elde edilen değerler ile kıyaslandığında istatistiki açıdan önemli olmasına rağmen N ve K değerleri en yüksek olan uygulamaların bitkinin bu iki element için beslenmesini iki yetiştiricilik döneminde de temin edemediği belirlenmiştir. Buna karşın, bitkinin Fe ve Zn içeriğini yükselten uygulamaların beslenme açısından da yeterli olduğu (ağırlıkla I.dönemde) görülmüştür. Organik gübrelerin tek başına uygulamalarının yetiştiriciliği yapılan bitkinin mineral beslenmesini belli oranlarda desteklediği kimyasal gübrelerle beraber kullanımlarında ise bitkilerin yeterli ve dengeli beslenmelerinin temin edildiği bildirilmektedir. Nitekim, daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda tek başına veya kimyasal gübreler ile birlikte uygulanan organik gübreler

vasıtasıyla besin değeri yüksek yaprağı yenen sebzeler elde edilebileceğı bildirilmektedir (Beşirli vd. 2005; Guerrero vd. 2002; Tavalı vd. 2014).

4.2.6. Marulda verim ve kalite parametreleri

Kalite parametreleri

Çizelge 4.27’de farklı yetiştiricilik dönemlerinde gübre uygulamalarının marul bitkisinin kök boğazı çapı (KBC), baş uzunluğu (BU), yaprak alanı (YA) ve yaprak sayısı (YS) üzerine etkileri verilmektedir. İncelenen tüm parametreler yapılan gübre uygulamalarından her dönem için ayrı ayrı olmak üzere farklı düzeylerde etkilenmiş gözükmektedirler. Örneğin uygulamaların KBC üzerine etkisi her iki yetiştiricilik döneminde de istatistiki açıdan $p<0.001$ düzeyinde önemlidir. Bununla birlikte, uygulamaların BU, YA ve YS üzerine etkilerinin I. yetiştiricilik döneminde istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde, II. yetiştiricilik döneminde ise $p<0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin KBC değerleri I. yetiştiricilik döneminde 16.75-26.10 mm arasında değişim göstermiş, en yüksek değer VK4/60 uygulamasında belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise KBC değerleri 19.26-28.11 mm arasındadır ve en yüksek değer VK4/30 uygulamasından elde edilmiştir. Bitkinin BU değerleri I. yetiştiricilik döneminde 20.90-26.97 cm arasında olup en yüksek değer VK4/60 uygulamasında belirlenmiştir. Bu parametre için II. dönemde değerler 16.66-26.0 cm arasında değişmiş, en yüksek değer ise yine VK4/60 uygulamasında ölçülmüştür. Bitkinin YA değerleri I. dönemde 303.8-429.2 cm² aralığında ve en yüksek değer VK4/60 uygulamasında ölçülmüştür. Sonraki dönemde de değerler 231.6-419.3 cm² aralığında olup en yüksek değer yine VK4/60 uygulamasında belirlenmiştir. Bitkinin YS değerleri I. yetiştiricilik döneminde 35.33-49.66 adet/5 bitki ortalaması olarak değişim göstermiş, en yüksek değer VK4/60 uygulamasında ölçülmüştür. İkinci yetiştiricilik döneminde ise değerler 27.66-39.50 adet/5 bitki ortalaması aralığında belirlenmiş olup en yüksek değer bu defa VK4/30 uygulamasında tespit edilmiştir.

Marul bitkisinin kalite parametrelerinden olan KBC dönemler arasında artış göstermiş iken diğer parametreler olan BU, YA ve YS ise dönemler arasında düşüş göstermiştir. Bununla birlikte, rakamlara dikkatli bakıldığında KBC ve BU değerlerinin dönemsel değişiminin aslında çok büyük farklılık arz etmediğı görülebilmektedir. Diğer taraftan, YA ve YS’de meydana gelen dönemsel düşüşün ise hatırı sayılır bir durum olduğu dikkati çekmektedir. YA ve YS parametreleri birbirleri ile yakın ilişki içerisinde olan parametreler olduğu düşünüldüğünde bu ikisinde meydana gelen değişimin aynı sebepten olabileceğı akla gelmektedir. Bu noktada, II. yetiştiricilik döneminde bir önceki dönemden kaynaklı olan toprak çözeltilisindeki besin elementlerinin birikiminin ve çökmesinin yanı sıra uygunsuz iklim koşulları (düşük toprak ve sera içi sıcaklığı, yetersiz güneşlenme süresi ile düşük solar radyasyon) vb. olumsuz faktörlerin bu sonucu ortaya çıkarmış olabileceğı varsayılabilir. Nitekim, Uz vd. (2016) tarafından tarla denemesi şeklinde yürütülmüş bir çalışmada üst üste aynı parselde yapılan gübreleme sonrası toprakta besin elementi birikimine bağlı olarak dönemsel olarak sap kereviz bitkisinin gelişimini olumsuz etkileyen sonuçların ortaya çıktığı bildirilmiştir.

Tıpkı diğer yaprağı yenen sebzelerde olduğu gibi marul da organik gübrelerden oldukça hoşlanmaktadır (Vural vd. 2000). Ayrıca, organik gübrelerin başarılı olarak

sebze yetiştiriciliğinde kullanılabileceğine ilişkin bulgular kireçli Akdeniz Bölgesi topraklarında daha önce de belirlenmiştir (Kaplan vd. 2008). Bu bağlamda, marul bitkisi toprak üstü aksamı tüm olarak değerlendirilen bir sebze olduğu için bitkinin formu pazar değerini önemli ölçüde etkilemektedir. Tez kapsamında incelenen kalite parametreleri, marul bitkisi ile yapılan çalışmalarda en fazla kullanılan kalite kriterleri olmanın yanında aynı zamanda tüketici tercihleri açısından da önemlidir. Bu kapsamda elde edilen verilerin değerlendirmesi göstermiştir ki uygulamaların mikro biyolojik ve kimyasal parametrelerde neden olduğu farklılıklara ek olarak bitkinin kalite parametrelerinde de önemli değişikliklere neden olmuştur. Bu noktada elde edilen veriler yukarıda özetlenmeye çalışılmıştır. Vermikompost uygulamalarının kalite üzerine bu etkileri materyalin kullanımı ve uygulanacak dozların belirlenmesinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 4.27. Vermikompost uygulamalarının marulun kök boğazı çapı (KBC), baş uzunluğu (BU), yaprak alanı (YA) ve yaprak sayısı (YS) üzerine etkileri

Uygulamalar	KBC (mm)		BU (cm)		YA (cm ²)		YS (adet/5 bitki ort.)	
	Yetiştiricilik dönemi							
	I	II	I	II	I	II	I	II
K	24.76ab ¹	26.26ab	23.70bc	24.68bcd	415.7ab	351.6abc	46.50ab	35.00abc
VK0/30	16.75f	19.26d	20.90d	20.00fg	303.8e	231.6d	35.33f	27.66ef
VK0/60	21.34cde	21.60cd	22.73cd	20.00fg	343.7cde	298.8cd	37.00ef	30.50cde
VK2/0	21.21cde	21.98cd	22.66cd	21.66ef	381.8bcd	308.3cd	39.33def	30.83bcde
VK2/30	22.24cde	24.95abc	24.32ab	23.41cde	381.0bcd	350.7abc	44.66bcd	31.66bcde
VK2/60	23.62bcd	25.18abc	24.89ab	23.50cde	414.7ab	345.1bc	41.00def	32.66bcde
VK4/0	21.02cde	24.26abc	24.69abc	23.50cde	372.1bcd	347.0bc	47.33ab	36.33ab
VK4/30	21.32cde	28.11a	24.68abc	23.16cde	381.2bcd	373.5ab	43.33bcd	39.50a
VK4/60	26.10a	26.13ab	26.97a	26.00a	429.2a	419.3a	49.66a	35.50ab
IVK0/30	22.47cde	23.01bc	23.65bc	16.66h	354.5cde	178.9e	38.00def	21.66g
IVK0/60	19.59ef	21.78cd	23.55bc	19.41g	392.8bcd	243.2de	37.33def	28.66def
IVK2/0	20.12def	23.43bc	23.60bc	22.33de	364.4bcd	301.9cd	42.66def	32.83bcde
IVK2/30	24.90ab	25.36abc	24.61abc	24.25bcd	392.9bcd	361.8abc	41.00def	35.00abc
IVK2/60	23.19bcd	23.65bc	24.46abc	23.50cde	407.3abc	303.7cd	45.00abc	34.00abcd
IVK4/0	22.60cde	24.86abc	24.55abc	23.83cde	387.4bcd	369.9abc	45.33abc	35.50abc
IVK4/30	22.75cde	26.11ab	23.34bc	23.83cde	384.1bcd	369.2abc	45.00abc	35.66abc
IVK4/60	24.09abc	26.38ab	24.01abc	23.92cde	416.5ab	355.5abc	45.33abc	36.16abc
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	4.344*** ²	5.016***	3.185*** ³	14.774***	2.743**	9.014***	3.775**	7.133***

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

³**, %1 düzeyinde önemlidir.

Verim

Çizelge 4.28’de farklı yetiştiricilik dönemlerinde gübre uygulamalarının marul bitkisinin ortalama baş ağırlığı (OBA) ve verimi üzerine etkileri verilmektedir. Yapılan gübre uygulamalarının her iki yetiştiricilik dönemi için OBA ve verim üzerine etkisi istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, her iki parametre için elde edilen değerlerin dönemler arasında tutarsızlık gösterdiği, kimi uygulama artarken kimisinin düşüş eğiliminde olduğu göze çarpmaktadır. Birinci yetiştiricilik döneminde OBA değerleri 294.43-661.10 g/5 bitki ortalaması arasında değişim göstermiş ve en yüksek değer VK4/60 uygulamasında hesaplanmıştır. İkinci yetiştiricilik döneminde ise değerler 183.33-600 g/5 bitki ortalaması olarak belirlenmiş, bu dönem için en yüksek OBA değeri ise yine VK4/60 uygulamasından elde edilmiştir. Diğer taraftan, I. yetiştiricilik döneminde bitkinin verim değerleri 2.93-6.63 t da⁻¹ olarak hesaplanmış iken en yüksek verim değeri VK4/60 uygulamasında belirlenmiştir. İkinci yetiştiricilik döneminde ise değerler 1.83-6.03 t da⁻¹ aralığında değişim göstermiş ve en yüksek verim değeri yine VK4/60 uygulaması ile ortaya çıkmıştır. Organik gübrelerin kimyasal gübrelerle beraber veya tek başlarına bitkilerin verimlerini arttırdıkları bilinen bir durumdur (Kaplan vd. 2008; Çıtak vd. 2011; Orman 2012; Sönmez vd. 2017). Bununla birlikte, günümüzde yıldızı parlayan önemli bir organik gübre olan vermikompostun da bitkisel üretimde verim artışı sağladığı bildirilmektedir (Atiyeh vd. 2000b; Arancon vd. 2006; Sallaku vd. 2009; Lazcano ve Dominguez 2011).

Çizelge 4.28. Marul yetiştiricilik dönemleri sonunda gübre uygulamalarının bitkinin ortalama baş ağırlığı (OBA) ve verimi üzerine etkileri

Uygulamalar	OBA (g/5 bitki ort.)		Verim (t da ⁻¹)	
	Yetiştiricilik dönemi			
	I	II	I	II
K	526.85bc ¹	547.50abc	5.27bc	5.48abc
VK0/30	294.43g	300.00f	2.93f	3.03f
VK0/60	399.96def	333.33ef	4.00de	3.36ef
VK2/0	444.43cdef	416.66de	4.43cde	4.16de
VK2/30	477.76bcde	491.66abcd	4.76bcde	4.93abcd
VK2/60	488.86bcd	475.00bcd	4.86bcd	4.80bcd
VK4/0	494.40bcd	550.00abc	4.93bcd	5.53abc
VK4/30	533.30bc	583.33ab	5.33bc	5.86ab
VK4/60	661.10a	600.00a	6.63a	6.03a
IVK0/30	372.20efg	183.33g	3.73ef	1.83g
IVK0/60	372.20efg	275.00fg	3.70ef	2.76fg
IVK2/0	466.63bcdef	441.66cd	4.66bcde	4.46cd
IVK2/30	505.50bcd	500.00abcd	5.06bcd	5.03abcd
IVK2/60	527.76bc	441.66cd	5.26bc	4.43cd
IVK4/0	555.53b	541.66abc	5.53b	5.43abc
IVK4/30	549.96bc	583.33ab	5.50bc	5.86ab
IVK4/60	561.10b	500.00abcd	5.60b	5.86ab
ANOVA (Tek yön; LSD %5)	7.795*** ²	14.616***	7.900***	14.524***

¹Harflendirilen değerler gübre uygulamalarının ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

²***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

Marul bitkisinin verim ve kalite parametreleri üzerine en büyük etkiyi yapan uygulamaların tamamının VK'lı uygulamalar olduğu göze çarpmaktadır. Ayrıca, bu VK uygulamaların hepsinin de birleştirilmiş uygulama (sırasıyla 4/30 ve 4/60) olduğu açıkça gözükmektedir. Toprağın makro ve mikro besin element kapsamı ile marul bitkisinin besin elementi (makro-mikro) içeriği üzerine genellikle IVK'lı uygulamaların baskın şekilde ön planda olmasına karşın bitkinin verim-kalitesi üzerine aynı uygulamaların benzer sonucu vermemiş olması oldukça ilginç bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. İki farklı karakterdeki vermikomposttan ısıl işlem görmüş olanının birçok kimyasal özellik bakımından diğerinden daha üstün olduğu ve böylece yukarıda bahsedilen parametrelerde fark yarattığı ortaya çıkmıştır. Ancak, bu durumun verimi yüksek ve vejetatif aksamı iyi gelişmiş bitkilerde meydana gelebilen besin elementlerinin 'seyrelme etkisi' olarak tanımlanan duruma işaret etmektedir. Nitekim, yapılan bazı çalışmalarda bu duruma uyumlu sonuçlar kimi araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Kocabaş vd. 2010; Orman ve Kaplan 2011; Orman vd. 2014).

Çalışma kapsamında hem fide yetiştiriciliği hem de serada yetiştiricilik kapsamında incelenen parametreler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Analiz sonucunda çok sayıda parametrenin birbiri ile yakın veya uzak ilişki içerisinde bulunduğu bu sebeple de çok fazla ilişki ortaya çıktığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, hem fide hem de sera yetiştiriciliği için ayrı ayrı olmak üzere sadece her iki yetiştiricilik dönemi (I. ve II. dönem) için önemli olan ilişkiler burada ifade edilmiştir. Çalışmanın ilk ayağı olan fide yetiştiriciliğinde elde edilen sonuçlara göre her iki fide yetiştiriciliği döneminde de VK uygulanan fide yetiştirme ortamının üreaz aktivitesi ile bakteri sayısı ve fide boyu (sırasıyla $r=0.252$ ve $r=0.269$; $p<0.001$), alkali fosfataz aktivitesi ile alınabilir P ve fide gövde çapı (sırasıyla $r=0.238$ ve $r=0.267$; $p<0.01$) arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiş iken ortamın EC'si ile çıkış oranı, pH ve alkali fosfataz aktivitesi (sırasıyla $r=-0.359$, $r=-0.297$ ve $r=-0.327$; tamamı $p<0.001$ düzeyinde) arasında ise negatif korelasyon tespit edilmiştir. IVK uygulanan ortamlarda ise bakteri sayısı ile β -glikosidaz ve üreaz aktiviteleri (sırasıyla $r=0.127$ ve $r=0.134$; $p<0.05$) arasında ve yine üreaz aktivitesi ile β -glikosidaz aktivitesi ve fide yaş ağırlığı (sırasıyla $r=0.248$ ve $r=0.261$; $p<0.01$) arasında pozitif korelasyonlar bulunduğu görülmüştür.

Çalışmanın diğer ayağı olan serada yetiştiricilik aşaması için incelenen parametreler arasındaki ilişkiler de belirlenmiştir. VK uygulanan toprakta her iki yetiştiricilik döneminde amonyum ile üreaz aktivitesi ($r=0.152$; $p<0.05$), toplam N ile β -glikosidaz aktivitesi ($r=0.168$; $p<0.05$), alınabilir P ile alkali fosfataz aktivitesi ($r=0.131$; $p<0.05$), değişebilir K ve EC ile bakteri sayısı (sırasıyla $r=0.209$ ve $r=0.231$; $p<0.01$), değişebilir Fe ve Zn ile dehidrogenaz aktivitesi (sırasıyla $r=-0.317$ ve $r=-0.297$; $p<0.001$), pH ve alkali fosfataz aktivitesi ($r=-0.189$; $p<0.01$), nitrat ile denitrifikasyon aktivitesi ($r=-0.124$; $p<0.05$) arasında negatif korelasyon belirlenmiştir. IVK uygulanan toprakta ise her iki yetiştiricilik dönemi için toplam N ile nitrifikasyon, verim, BU ve YS (sırasıyla $r=0.351$, $r=0.298$, $r=0.329$ ve $r=0.286$; tamamı $p<0.001$ düzeyinde) alınabilir P ile KBC ($r=0.196$; $p<0.01$), alınabilir Fe ile YA ($r=0.103$; $p<0.05$) arasında pozitif korelasyonlar tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Önceki kısımlarda da belirtildiği üzere bu çalışmanın amacı vermikompostun toprak verimliliği ile kıvırcık marulun fide gelişiminden başlayarak verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine etkilerini incelemek olarak belirlenmiştir. Ayrıca, çuvala giren diğer organik gübrelere de zorunlu olan ısıtma işlem uygulamasının vermikompostun bitkisel üretimdeki etkinliğini hangi yönde değiştirdiği de çalışmanın bir diğer amacı olarak ifade edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen amaçlar doğrultusunda elde edilen tüm bulgular bir arada tutularak değerlendirme yapılırsa; vermikompost uygulamasının marul fidesi yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamına çalışılan dozlarda ilave edilmek sureti ile kullanım olanağının sınırlı olacağı öngörülmektedir. Hem VK'nın hem de IVK'nın her iki yetiştiricilik döneminde fide yetiştirme ortamının incelenen bakteri sayısı ve enzim aktiviteleri gibi biyolojik özelliklerinin yanı sıra fide kalitesi üzerine olumlu etkilerinin tespit edilmesine rağmen vermikompostun ortamın EC'sini bir miktar arttırdığı düşünülmektedir. Öte yandan, vermikompost uygulamasının toprakta ve bitkide olumlu sonuçlarının tespit edilmiş olması sebebiyle serada marul yetiştiriciliğinde kullanımının uygun olacağı söylenebilir. Toprağın incelenen biyolojik özellikleri her iki marul yetiştiriciliği döneminde de olumlu etkilenmiştir. Genel olarak her iki yetiştiricilik döneminde de IVK'nın VK'ya göre biyolojik parametreler açısından daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, fide yetiştirme ortamına gübre ilavesinin toprak ortamında önemli bir fark yaratmadığı ancak parselde gübre yapılmadan sadece fide ortamına yapılan gübrelemenin de yetersiz olduğu görülmüştür. Toprak kimyasal özellikleri ve bitki mineral beslenmesi açısından da her iki yetiştiricilik döneminde incelenen parametrelerde çok belirgin olarak yine IVK uygulamalarının ön plana çıktığı tespit edilmiştir. Ancak, bitkinin verimi ve kalitesini ise VK'lı uygulamaların IVK uygulamalarına göre daha olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Bu bulgular göstermektedir ki IVK, VK'ya göre toprağın verimliliğini daha fazla arttırmıştır. VK ise IVK'ya göre bitkinin verimini ve kalitesini daha fazla arttırmıştır. Sonuç olarak, ısıtma işlem uygulamasının gübrenin kimyasal özelliklerini değiştirmedikleri ve hatta nem oranının düşmesi kuru madde miktarının artmasına bağlı olarak organik madde, karbon ve N, P, K, Fe, Zn, Mn gibi besin elementi miktarlarında bir miktar artışlar meydana getirdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu işlemin vermikompostun biyolojik özelliklerini olumsuz etkilese de bunun bitki yetiştiriciliğini (fide ve bitki yetiştiriciliği) kapsayan pratik uygulamalarda toprak verimliliği, bitkinin gelişimi ve mineral beslenmesi açısından olumsuz etki oluşturmadığı belirlenmiştir. Ancak, ısıtma işleminin vermikompostun faydalı etkisini baskılayıcı/geciktirici etkide bulunduğu dair işaretler bulunmaktadır. Nitekim, işleminden geçmemiş olan vermikompost bitki verim ve kalitesi üzerine daha etkili sonuçlar vermiştir. Bu bağlamda, biyolojik ve kimyasal özellikleri açısından verimliliği düşük olduğu bilinen (Uz vd. 2016) kireçli Akdeniz Bölgesi topraklarında verimliliğin artırılması amacıyla IVK gübresinin, bitki veriminin artırılması için ise VK gübresinin tercih edilmesinin daha doğru olacağı düşünülmektedir.

Birçok yönden ilk olma özelliği taşıyan bu çalışmanın gelecekte farklı bitki, iklim, toprak, üretim alanı ve yetiştiricilik süresini kapsayan çalışmalara yön verebileceği düşünülmektedir. Nitekim, ısıtma işleminin hem vermikompost eldesinde hem de bitkisel üretimde etkisini konu alan kapsamlı çalışmalara (vermikompostta ve

toprakta moleküler mikrobiyal çeşitlilik ve fonksiyonel gen belirleme vb.) ihtiyaç olduğu anlaşılmıştır. Diğer taraftan, vermikompostun atıkların dönüştürülmesi için önemli bir araç olması sebebiyle ülkemizde artık çiftçilerimiz tarafından kendi tarımsal işletmeleri bünyesinde üretilmesinin bu gübrenin kullanımını arttıracığı öngörülmektedir. Bu sayede, biyolojik kaynaklı düşük verimlilik sorunu bulunan topraklarımızın bu sorunlarının çözümünde vermikompostun önemli bir alternatif olabileceği varsayılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abdelmagid, H.M. and Tabatabai, M.A. 1987. Assay of dissimilatory nitrate reductase activity, in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, Alef and Nannipieri (Ed), pp 283-284. Academic Press INC. San Diego.
- Abed, R.M.M., Beer, D. and Stief, P. 2015. Functional-structural analysis of nitrogen-cycle bacteria in a hypersaline mat from the omani desert. *Geomicrobiology Journal*, 32 (2): 119-129.
- Aira, M., Lazcano, C. and Domínguez, J. 2008. Earthworms Trigger Enzymatic Activities through the Increase of Microbial Biomass and Activity during Vermicomposting of Pig Slurry, Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. Proceedings of the international congress *CODIS* pp: 285-288.
- 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.
- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F. and Ingelmo, F. 2000. Microbial Biomass Content and Enzymatic Activities After The Application of Organic Amendements to Horticultural Soil. *Bioresource Technology*, 75: 43-48.
- 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.
- Anger, H. and Schenk, M.K. 2005. Assay system for measurement of denitrification-N loss from ornamental plants potted in peat substrate. *Biol Fertil Soils*, 4: 199-204.
- Appiah, M.R., Halm, B.J. and Ahenkorah, Y. 1985. Phosphatase activity of soils as affected by cocoa pod ash. *Soil Biol. Biochem.*, 17: 823-826.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A. and Bierman, P. 2006. Influences of vermicomposts on field stawberries: 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. and Welch, C. 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and stawberries. *Pedobiologia*, 47: 731-735.
- 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.

- Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A. and Metzger, J.D. 2000b. Influence of earthworm- processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Bioresource Technology*, 75; 175-180.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S. and Metzger, J.D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78: 11-20.
- 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.
- Benbi, D.K., Biswas, C.R., Bawa, S.S. and Kumar, K., 1998. Influence of Farmyard Manure, Inorganic Fertilizers and Weed Control Practices on Some Soil Physical Properties in a Long-Term Experiment. *Soil Use Management*. 14: 52-54.
- Benitez, E., Melgar, R., Sainz, H., Gomez, M. and Nogales, R. 2000. Enzyme activities in rizosphere of pepper (*Capsicum annuum*, L.) grown with olive cake mulches. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 1829-1835.
- Berg, T. and Rosswall, P. 1985. Assay of nitrification (shorth-term estimations)., in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, Alef, K. and Nannipieri, P. Ed., pp. 241-242, Academic Press INC. San Diego.
- Beşirli, G., Sönmez, İ., Albayrak, B., Ruşen, M., Çakır, E., Maden, S., Barış, A., Kepenekçi, İ., Evlice, E. ve Karataş, S.E. 2007. Soğan Yetiştiriciliği, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Çiftçi Eğitim Serisi Yayın No. 5.
- Bijay-Singh, Ryden J.C. and Whitehead D.C. 1988. Some relationships between denitrification potential and fractions of organic carbon in air-dried and field-moist samples. *Soil Biology & Biochemistry*, 20: 737-741.
- Black, C.A. 1965. *Methods of Soil Analysis Part 2*, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.A., 1372-1376.
- Boran, D. 2015. Farklı Isıl Teknikleri Uygulanmış Solucan Gübresinin Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 84 syf.
- Borken, W., Muhs, A. and Beese, F. 2002. Application of Compost in Spruce Forest: Effects on Soil Respiration, Basal Respiration and Microbial Biomass. *Forest Ecology and Management*, 159: 49-58.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Candemir, F. 2005. Organik atıkların toprak kalite indeksleri ve nitrat azotu üzerine etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Samsun.

- Celik, I., Barut, Z.B., Ortas, I., Gok, M., Demirbas, A., Tulun, Y. and Akpınar, C. 2011. Impacts of different tillage practices on some soil microbiological properties and crop yield under semi-arid Mediterranean conditions. *International Journal of Plant Production*, 5 (3): 237-254.
- Chamani, E., Joyce, D.C. and 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.
- Chauhan, H.S., Joshi, S.C. and 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.
- Cheneby, D., Bru, D., Pascault, N., Maron, P.A., Ranjard, L. and Philippot, L. 2010. Role of plant residues in determining temporal patterns of the activity, size, and structure of nitrate reducer communities in soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 76 (21): 7136-7143.
- Chinnadurai, C., Gopaldaswamy, G. and Balachandar, D. 2014. Long term effects of nutrient management regimes on abundance of bacterial genes and soil biochemical processes for fertility sustainability in a semi-arid tropical Alfisol. *Geoderma*, 563-572.
- Chu, H., Fujii, T., Morimoto, S., Lin, X., Yagi, K., Hu, J. and Zhang, J. 2007. Community structure of ammonia-oxidizing bacteria under long-term application of mineral fertilizer and organic manure in a sandy loam soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 485-491.
- Cuhel, J., Simek, M., Laughlin, R.J., Bru, D., Cheneby, D., Watson, C.J. and Philippot, L. 2010. Insights into the effect of soil pH on N₂O and N₂ emissions and denitrifier community size and activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 76 (6): 1870-1878.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Sayı:10.
- Çengel, M. 2006. Toprak Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 558.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F. ve Yaşın, S. 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. L) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28 (1):56-69.
- Denli, N. 2015. Marul Yetiştiriciliği. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Marul Yetiştiriciliği Teknik Notu. Erdemli, Mersin.
- 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.

- Dindar, E., Topaç Sağban, F.O. ve Başkaya, H.S. 2017. Ham petrol ve atık yağ ile kirlenmiş topraklarda arıtma çamuru uygulamasının enzim aktivitelerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 22 (1): 81-94.
- Ece, A., Saltalı, K., Eryiğit N. ve Uysal, F., 2007. Sırik Fasulye Verimi ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Leonardit Uygulamalarının Etkileri. *Journal of Agronomy*, 6 (3) 480-483.
- Edwards, C.A. and Bohlen, P.J. 1996. Biology and ecology of earthworms. 3rd. Ed. Chapman and Hall, New York.
- Eivazi, F. and Tabataba, M.A. 1988. Assay of the β -glukosidase activity., in: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry, Alef, K. and Nannipieri, P. Ed., pp. 350-351, Academic Press INC. San Diego.
- Ekmekçi, E, Apan, M. ve Kara, T., 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Zir. Fak. Derg.*, 20 (3):118-125.
- Enwall, K., Philippot, L. and Hallin, S. 2005. Activity and composition of the denitrifying bacterial community respond differently to long-term fertilization. *Applied and Environmental Microbiology*, 71 (12): 8335-8343.
- Eşiyok, D., Özen, Ş. ve Özzambak, E., 1996. Salata-Marul Çeşitlerinde Dikim Mesafesinin Verim ve Kaliteye Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. GAP I. Tarımı Sempozyumu. s:79- 83, Şanlıurfa.
- Fauci, M.F. and Dick, R.P. 1994. Soil microbial dynamics: short-and long-term effects of inorganic and organic nitrogen. *Soil Sciences Society of America Journal*, 58: 801-806.
- Florio, A., Clark, I.M., Hirsch, P.R., Jhurrea, D. and Benedetti, A. 2014. Effects of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on abundance and activity of ammonia oxidizers in soil. *Biol Fertil Soils*, 50: 795-807.
- Forster, J.C. 1995. Soil nitrogen. In: Alef K, Nannipieri P (eds) Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, London, pp 79-87.
- Fraser, D.G., Doran, J.W., Sahs, W.W. and Leosing, G.W. 1988. Soil Microbial Population and Activity under Conventional and Organic Management. *J. Environ. Quality*, 17: 585-590.
- Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F. and Ceccanti, B. 1995. Phosphatase and β -glucosidase activities in humic substances from animal wastes. *Bioresource Technology*, 53: 79-87.
- Gerke, H.H., Arning, M. and Zimmer, H.S. 1999. Modeling Long-term Compost Application Effects on Nitrate Leaching. *Plant and Soil*, 213: 75-92.
- Gezgin, S. ve Hamurcu, M. 2006. Bitki beslemede besin elementleri arasındaki etkileşimin önemi ve bor ile diğer besin elementleri arasındaki etkileşimler. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (39).s.24-31.

- Gopal, M., Gupta, A., Planiswami, C., Dhanapal, R. and 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.
- Guerrero, F., Gasco, J.M. and Hernández-Apaolaza, L. 2002. Use of pine bark and sewage sludge compost as components of substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* production. *J. Plant Nutr.* 25: 129-141.
- Gutierrez-Miceli, F.A., Santiago-Borraz, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud-Archila, M., Llaven, M.A.O., Rincon-Rosales, R. and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology*, 98: 2781-2786.
- Hameeda, B., Harini, G., Rupela, U. P., Reddy and Gopal. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *Afr. J. Biotechnol.*, 6 (1): 9-12.
- Hartmann, A.A., Barnard, R.L., Marhan, S. and Niklaus, P.A. 2013. Effects of drought and N-fertilization on N cycling in two grassland soils. *Oecologia*, 171: 705-717.
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A. and 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.
- Hoffman, G. and Teicher, K. 1961. Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Ureaseaktivitat in Boden. *Z. Pflanzenern. Dung. Bodenk.* 95, 55-63.
- Iqbal, M., Ul-Hassan, A. and Lal, R. 2007. Nutrient content of maize and soil organic matter status under various tillage methods and farmyard manure levels. *Acta Agricultura Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 57: 349-356.
- 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.
- Jiang, X., Liu, W., Liu, Q., Jia, Z., Wright, A.L. and Cao, Z. 2013. Soil N mineralization, nitrification and dynamic changes in abundance of ammonia-oxidizing bacteria and archaea along a 2000 year chronosequence of rice cultivation. *Plant Soil*, 365: 59-68.
- Jones, J.B., Wolf, Jr.B. and Mills, H.A. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia 30607, USA.
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme. Ankara Üni. Ziraat Fak. Yay. No: 899, 169-175.

- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal analizler: III. Toprak Analizleri. A. Ü. Ziraat Fakültesi Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3.
- Kacar, B. 2005. Potasyumun bitkilerde işlevleri ve kalite üzerine etkileri. Ege Üniversitesi'nin 50. Kuruluş Yılı Etkinlikleri, Çalıştay, 3-4 Ekim, Eskişehir, s: 20-31.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayınları No: 1241, Ankara.
- Kacar, B. ve Katkat, V. 2007. Bitki Besleme. Nobel Yayınları. ISBN:978-975-591-834-1. 559 s.
- Kale, R.D., Bano, K., Sreenivasa, M.N., Vinayak, K. and Bagyaraj, D.J. 1987. In Incidence of cellulolytic and lignolytic organisms in the earthworm worked soils (Eds.: G.K. Veeresh, D. Rajagopal and C.A. Viraktamath). Pro. Ml. Zoo. Collg. Bangalore. pp. 659-665.
- 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.
- Kantarcı, M.D. 2000. Toprak İlmi. İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.
- Kaplan, M., Sönmez, S., Polat, E. and Demir, H. 2008. Effects of organic and mineral fertilizers on yield and nutritional status of lettuce. *Asian Journal of Chemistry* 20: 1915-1926.
- Karakurt, H., Aslantaş, R. ve Eşitken, A. 2010. Tohum Çimlenmesi ve Bitki Büyümesi Üzerinde Etkili Olan Çevresel Faktörler ve Bazı Ön Uygulamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2).
- Kaur, K., Kapoor, K.K. and Gupta, A.P. 2005. Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*, 168: 117-162.
- Kaya, C. and Tuna, A.L. 2005. The role and importance of potassium in the plant grown under salt stress. Int. Potash Institute. Optimizing Crop Nutrition, Potassium in Soil, Plant and Agro Ecosystem.
- 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.
- Kessavalou, A., Doran, J.W., Power, L., Kettler, T.A. and Qian, J.H. 1996. Bromide and Nitrogen- 15 tracers of Nitrate Leaching Under Irrigated Corn in Central Nebraska. *J. Environ. Qual.*, 25: 1008-1014.
- Khaleel, R., Reddy, K.R. and Overcash, M.R. 1981. Changes in Soil Physical Properties due to Organic Waste Applications: A review. *Journal of Environmental Quality*. 10: 133-141.

- 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.
- Kirchmann, H. and Bergström, L. 2001. Do Organic Farming Practices Reduce Nitrate Leaching? *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, No.32.
- Kirckner, M.J., Wollum, A.G. and King, K.D. 1993. Soil Microbial Populations and Activities in Reduced Chemical Input Agroecosystem. *J. Soil Sci. Am. Society*, 57: 1289-1295.
- Kiss, S., Dragan, Bularda, M. and Radulescu, D. 1976. Biological Significance of Enzymes Accumulated in Soil. *Adv. Agron.*, 27: 25 – 87.
- Kocabaş, I., Kaplan, M., Kürkcüoğlu, M. and Başer, K.H.C. 2010. Effects Of Different Organic Manure Applications On The Essential Oil Components Of Turkish Sage (*Salvia Fruticosa Mill.*). *ASIAN JOURNAL OF CHEMISTRY*, vol.2, pp.1599-1605.
- 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.
- Lai, C.C., Yu, T.A., Yeh, S.D. and Yang, J.S. 1998. Enhancement of in vitro growth of papaya multi-shoots by aeration. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 53: 221-225.
- Lai, K.M., Ye, D.Y. and Wong, J. 1999. Enzyme activities in a sandy soil amended with sewage sludge and coal fly ash. *Water Air and Soil Pollution*, 113 (1): 261-272.
- 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 no. 12, s: 1382, Thailand.
- Lakshmanaperumalsamy, P., Jayashree, S. and 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.
- Lampkin, N. 2002. Organic Farming. Old pond publishing 104 Valley Road Ipswich. IPI 4PA United Kingdom.
- Lazcano, C. and Dominguez, J. 2011. The Use of Vermicompost in Sustainable Agriculture: Impact on Plant Growth and Soil Fertility. *Soil Nutrients*, 10: 1–23.
- Li, J., Liang, L.N., Li, X. and Yang, H.F. 2014. Effects of compost amendment on soil chemical and biological properties in greenhouse soil. I. International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture Book Series: *Acta Horticulturae* 1018: 195-202.
- Li, Y., Watanabe, T., Murase, J., Asakawa, S. and Kimura, M. 2014. Abundance and composition of ammonia oxidizers in response to degradation of root cap cells of rice in soil microcosm., *J. Soil Sediments*, 14: 1587-1598.

- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Amer. J.*, 42(3), 421-428. Madison, Wisconsin, USA, 1372-1376.
- Lopez-Hernandez, D., Nino, M., Nannipieri, P. and Fardeau, J.C. 1989. Phosphatase activity in nasutitermes ephratae termite nests. *Biol. Fertil. Soils*, 7: 134-137.
- Loro, P., Bergstrom, D.W. and Beauchamp, E.G. 1997. Intensity and Duration of Denitrification following Application of Manure and Fertilizer to Soil. *Journal of Environmental Quality*, 26 (3): 142-152.
- Maltaş, A.Ş., Tavali, İ.E., Uz, İ. ve Kaplan, M. 2017. Kırmızı baş lahanası (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) yetiştiriciliğinde vermicompost uygulaması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30: 155-161.
- Malý, S., Královec, J. and Hampel, D. 2009. Effects of long-term mineral fertilization on microbial biomass, microbial activity, and the presence of r- and K-strategists in soil. *Biol. Fertil. Soils*, 45: 753-760.
- Mandal B., Majumder B., Bandyopadhyay P.K., Hazra G.C., Gangopadhyay A., Samantaray R.N., Mishra A.K., Chaudhury J., Saha M.N. and Kundu S. 2007. The potential of cropping systems and soil amendments for carbon sequestration in soils under long-term experiments in subtropical India. *Global Change Biol.*, 13: 357-369.
- Manivannan, S., Balamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekeran, G. and 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.
- Masciandaro, G., Peruzzi, E., Doni, S. and Macci, C. 2014. Fertigation with wastewater and vermicompost: soil biochemical and agronomic implications. *Pedosphere*, 24 (5): 625-634.
- Materechera, S.A. and Morutse, H.M. 2009. Response of maize phosphorus from fertilizer and chicken manure in a semi-arid environment of South Africa. *Expl. Agric.*, 45: 261-273.
- Najafi-Ghiri, M. 2014. Effects of zeolite and vermicompost applications on potassium release from calcareous soils. *Soil and Water Research*, 9: 31-37.
- Nannipieri, P., Johnson, R.L. and Paul, A.E. 1978. Criteria for measurement of microbial growth and activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 10: 223-229.
- Nannipieri, P., Muccini, L., and Ciardi, C. 1983. Microbial biomass and enzyme activities: production and persistence. *Soil Biology & Biochemistry*, 15: 679-685.

- Nimje, P.M. and Seth, H. 1986. Effect of phosphorus, farmyard manure and nitrogen on some soil properties in a soya bean-maize sequence. *The journal of Agricultural Science*, Vol.107 (3): 555-559.
- Nogales, R., Cifuentes, C. and Benitez, E. 2005. Vermicomposting of winery wastes: a laboratory study. *J. Environ. Sci. Health B*, 49: 659–673.
- Nyamangara, J., Gotosa, J. and Mpofu, S.E. 2001. Cattle Manure Effects on Structural Stability and Water Retention Capacity of a Granitic Sandy Soil in Zimbabwe. *Soil & Tillage Research*; 62.
- Okur, N., Altındışli, A., Çengel, M., Göçmez, S. ve Kayıkçioğlu, H.H., 2008. Microbial biomass and enzyme activity in vineyard soils under organic and conventional farming systems. *Turkish Journal of Agriculture*, 33 (2009) 413- 423 TUBİTAK doi:10.3906/tar-0806-23.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. Methods of soil analysis, part 2. chemical and microbiological properties agronomy monograph no:9 (2nd ed.) ASASSSA. Madison, Wisconsin. USA, p. 403-427.
- Orman, Ş. 2012. Effects Of Elemental Sulphur And Farmyard Manure Applications To Calcareous Saline Clay Loam Soil On Growth And Some Nutrient Concentrations Of Tomato Plants. *J FOOD AGRIC ENVIRON*, vol.10 (2): 720-725.
- Orman, Ş. and Kaplan, M. 2011. Effects of elemental sulphur and farmyard manure on pH and salinity of calcareous sandy loam soil and some nutrient elements in tomato plant. *JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY*, vol.5.
- Orman, Ş., Ok, H. and Kaplan, M. 2014. Application Of Sewage Sludge For Growing Alfalfa, Its Effects On The Macro-Micronutrient Concentration, Heavy Metal Accumulation, And Translocation. *EKOLOJİ*, no.90, pp.10-19.
- Özkan, N. ve Müftüoğlu, N.M. 2017. Farklı Kalsiyum ve Azotlu Gübre Uygulamalarının Domates Verimi ve Kalsiyum İçeriği Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2): 213–219.
- Pant, A.P., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., Talcott, S.T. and Krenek, 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. and Coleman, D.C. 1991. Microbial communities activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 34: 3-33.
- 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.

- Parthasarathi, K. and Ranganathan, L.S. 2000. Aging effect on enzyme activities in pressmud vermicasts of *Lampito mauritii* (Kinberg) and *Eudrilus eugeniae* (Kinberg). *Biol. Fertil. Soils*, 30: 347–350.
- Patel, D.P., Das, A., Manoj Kumar, G., Munda, C., Ngachan, S.V., Ramkrushna, G.I., Layek, J., Pongla, N., Buragohain, J. and Somireddy, U. 2015. Continuous application of organic amendments enhances soil health, produce quality and system productivity of vegetable-based cropping systems in subtropical Eastern Himalayas. *Experimental Agriculture*, 51: 85-106.
- Peterson, M.E., Curtin, D., Thomas, S., Clough, T.J. and Meenken, E.D. 2013. Denitrification in vadose zone material amended with dissolved organic matter from topsoil and subsoil. *Soil Biology and Biochemistry*, 61: 96-104.
- Philippot, L., Kuffner, M., Cheneby, D., Depret, G., Laguerre, G. and Martin-Laurent, F. 2006. Genetic structure and activity of the nitrate-reducers community in the rhizosphere of different cultivars of maize. *Plant Soil*, 287: 177-186.
- Powelson, D.S., and D.C. Olk. 2000. Long-term soil organic matter dynamics. p. 49–64. In G.J.D. Kirk and D.C. Olk (ed.) Carbon and nitrogen dynamics in flooded soils. Proc. Worksh. on Carbon and Nitrogen Dynamics in Flooded Soils, Los Baños, Philippines. 19–22 Apr. 1999. IRRI, Makati City, Philippines.
- Prabha, L.M., Jayraaj, I.A., Jeyaraaj, R. and Srinivasa, R. 2007. Comparative studies on the levels of vitamins during vermicomposting of fruit wastes by *Eudrilus Euganiae* and *Eisenia Fetida*. *Ecology and Environmental Research*, 5(1): 57-61.
- Preetha, D., Sushama, P.K. and 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.
- Qin, S., Yuan, H., Dong, W., Hu, C., Oenema, O. and Zhang, Y. 2013. Relationship between soil properties and the bias of N₂O reduction by acetylene inhibition technique for analyzing soil denitrification potential. *Soil Biology and Biochemistry*, 66: 182-187.
- Rachid, C.T.C.C., Piccola, M.C., Leite, D.C.A., Balieiro, F.C., Coutinho, H.L.C., Elsas, J.D., Peixoto, R.S. and Rosado, A.S. 2012. Physical-chemical and microbiological changes in Cerrado Soil under differing sugarcane harvest management systems. *BMC Microbiology*, 12: 170.
- Rangarajan, A., Leonard, Bestsy. 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.
- Romaniuk, R., Giuffré, L. and Romero, R. 2011. A soil quality index to evaluate the vermicompost amendments effects on soil properites. *J. Environ. Prot.*, 2: 502–510.

- Romero, S., Ferrera-Cerrato, R., Almraz, S., Galviz-Spinola, A. and Barois-Boullard, I. 2001. Dynamics and relationships among microorganisms, C-organic and N-total during composting and vermicomposting. *Agrociencia*, 35: 377-384.
- Sağlam, M.T. 1976. Erzurum, Hasankale ve Erzincan ovası topraklarında amonyum fiksasyonu, amonyum fiksasyonu ile potasyum arasındaki bazı ilişkiler, mineralize olan nitrojen ve nitrojen kayıpları üzerinde bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 467, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 220, Araştırma Serisi No: 142, 122 s, Erzurum.
- Sajjad, M.H., Lodhi, A. and Azam, F. 2002. Changes in Enzyme Activity During the Decomposition of Plant Residues in Soil. Pakistan. *Journal of Biological Sciences* 5: 952-955.
- Sallaku, G., Babaj, I., Kaciu, S. and 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, P., Gark, V.K. and Kaushik, C.P. 2010. Growth and yield response of marigold to potting media containing vermicompost produced from different wastes. *Environmentalist* 95: 356-363.
- Schepers, J.S. 1988. Role of Cropping Systems in Environmental Quality: Groundwater Nitrogen. Cropping Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen. Special publication no.51. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI 53711, USA.
- Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E. and Margesin, R. 1991. Assay of dissimilatory nitrate reductase activity., in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, K., Alef and P., Nannipieri Ed., pp. 283-284, Academic Press INC. San Diego.
- Schinner, F., Ohlinger, R., Kandeler, E. and Margesin, R. 1995. Assay of nitrification (short-term estimations), in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, K., Alef and P., Nannipieri Ed., pp. 241-242, Academic Press INC. San Diego.
- Schoenau, J.J. 2006. Benefits of long-term application of manure. *Advances in Pork Production*, 17: 153-158.
- Shen, J., Zhang, L. and He, J. 2014. Contrasting response of nitrification capacity in three agricultural soils to N addition during short-term incubation. *J. Soils Sediments*, 14: 1861-1868.
- Sher, Y., Baram, S., Dahan, O., Ronen, Z. and Nejdat, A. 2012. Ammonia transformations and abundance of ammonia oxidizers in a clay soil underlying a manure pond. *FEMS Microbiology Ecology*, 81: 145-155.
- Simek, M., Elhottová, D., Klimes, F. and Hopkins D.W. 2004. Emissions of N₂O and CO₂, denitrification measurements and soil properties in red clover and ryegrass stands. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 9-21.

- 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 stawberry (*Fragaria x ananassa Duch*). *Bioresource Technology* 99: 8507-8511.
- Sinha, J., Biswas, C.K., Ghosh, A. and Saha, A. 2010. Efficacy of Vermicompost against fertilizers on *Cicer* and *Pisum* and on population diversity of N₂ fixing bacteria. *Journal of Environmental Biology* 31: 287-292.
- Smith, J.L. Papendick, R.I., Bezdicek, D.F. and Lynch, J.M. 1993. Soil Microbial Ecology. (ed. Metting B.F) Soil Organic Matter Dynamics and Crop Residue Management. Marcel Dekker Inc. New York pp: 65-95.
- Skujins, J. 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in arid soils. *Bull. Ecol. Commun., (Stockholm)* 17: 97-110.
- Song, Y., Zhang, X., Ma, B. and Chang, S.X. 2014. Biochar addition affected the dynamics of ammonia oxidizers and nitrification in microcosms of a coastal alkaline soil. *Biol Fertil Soils*, 5: 321-332.
- Sönmez, S., Kaplan, M., Orman, Ş. ve Sönmez, İ. 2002. Antalya-Kumluca Yöresi Domates Seralarında Hasat Sonrası Bitkisel Atıklarla Kaldırılan Besin Maddeleri Miktarları Ve Bu Atıkların Değerlendirilmesi İle İlgili Öneriler. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 19– 25.
- Sönmez, İ., Kalkan, H., Demir, H., Külcü, R., Yaldiz, O. and Kaplan, M. 2017. Mineral Composition and Quality Parameters of Greenhouse-Grown Lettuce (*Lactuca sativa L.*) Depending on Fertilization with Agricultural Waste Composts. *ACTA SCIENTIARUM POLONORUM-HORTORUM CULTUS*, vol.16, pp.85-95.
- Speir, T.W. and Ross, D.J. 1978. Soil phosphatase and sulfatase. In Soil Enzymes. Burns RG (ed.). Academic Press, London, pp. 197- 250.
- SPSS 2008. SPSS Statistics for Windows, version 17.0. SPSS Inc., Chicago, USA.
- Strauss, S.L., Reardon, C.L. and Mazzola, M. 2014. The response of ammonia-oxidizer activity and community structure to fertilizer amendment of orchard soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 68: 410-418.
- 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.
- Sutton, A. and Joern, B. 1992. Land Application of Manure. Cooperative Extension Service Purdue University and U.S. Department of Agriculture No.16.
- Sürücü, A., Kızılkaya, R. ve Bayraklı, F. 1998. Farklı organik atıkların toprakların biyolojik özelliklerine ve topraktaki Fe, Cu, Zn, Mn ve Ni yarayırlılığına etkileri. XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi, O.M.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi, Samsun, 7-10 Eylül.

- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M. 1969. Phosphomonoesterase activity., in: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry, K., Alef and P., Nannipieri Ed., pp. 338-339, Academic Press INC. San Diego.
- Tabatabai, MA. 1982. Soil Enzymes, methods of soil analysis, part 2. chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph No:9 (2nd ed.) ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA, p. 903-943.
- Tamilselvi, S.M., Chinnadurai, C., Ilamurugu, K., Arulmozhiselvan, K. and Balachandar, D. 2015. Effect of long-term nutrient management on biological and biochemical properties of semi-arid tropical Alfisol during maize crop development stages. *Ecological Indicators* 48: 76-87.
- Tavali, İ.E. 2011. Farklı dozlarda uygulanan vermicompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş., Uz, İ. ve Kaplan, M. 2013. Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermicompostun etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2): 115-120.
- Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş., Uz, İ. ve Kaplan, M. 2014. Vermikompostun Beyaz Baş Lahananın (*Brassica Oleracea* Var. *Alba*) Verim, Kalite Ve Mineral Beslenme Durumu Üzerine Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1): 61-67.
- Tavali, İ.E., Uz, İ. ve Orman, Ş. 2014. Vermikompost Ve Tavuk Gübresinin Yazlık Kabağın (*Cucurbita Pepo* L. Cv. *Sakız*) Verim Ve Kalitesi İle Toprağın Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2): 119-124.
- Thalman, A. 1968. Dehydrogenase activity in soil. in: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry, K., Alef and P., Nannipieri Ed., pp. 321-325, Academic Press INC. San Diego.
- Trevors, J.T. 1984. Dehydrogenase activity in soil. A comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biology and Biochemistry* 16: 673-674.
- Truu, M., Truu, J. and Ivask, M. 2008. Soil microbiological and biochemical properties for assessing the effect of agricultural management practices in Estonian cultivated soils. *European Journal of Soil Biology* 44: 231-237.
- Tsiknia, M., Tzanakakis, V.A., Oikonomidis, D., Paranychianakis, N.V. and Nikolaidis, N.P. 2014. Effects of olive mill wastewater on soil carbon and nitrogen cycling. *Appl Microbiol Biotechnol*, 98: 2739-2749.
- Uma, B. and 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.

- Urta, J., Alkorta, I., Lanzen, A., Mijangos, I. and Garbisu, C. 2018. The application of fresh and composted horse and chicken manure affects soil quality, microbial composition and antibiotic resistance. *Applied Soil Ecology, In press*.
- Uz, İ. and Tavali, İ.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*, 11 pages.
- Uz, İ., Sonmez, S., Tavali, İ.E., Citak, S., Uras, D.S. and Citak, S. 2016. Effect of vermicompost on chemical and biological properties of an alkaline soil with high lime content during celery (*Apium graveolens L. var. dulce Mill.*) production. *Not Bot Horti Agrobo*, 44(1):280-290.
- Ünal, H. 1967. Rize çay topraklarının enzim aktiviteleri ve bu aktivitelerle önemli toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. Ankara Basımevi, Ankara, 79 s.
- Vasileiadis, S., Coppolecchia, D., Puglisi, E., Balloi, A., Mapelli, F., Hamon, R.E., Daffonchio, D. and Trevisan, M. 2012. Response of ammonia oxidizing bacteria and archaea to acute zinc stress and different moisture regimes in soil. *Microb Ecol*, 64(4), 1028-1037.
- Vernimmen, R., Verhoef, H., Bruijnzeel, L.A. and Klomp, N.S. 2007. Nitrogen mineralization, nitrification and denitrification potential in contrasting lowland rain forest types in Central Kalimantan, Indonesia. *Soil Biology and Biochemistry* 39(12): 2992-3003.
- Vilain, G., Garnier, J., Tallec, G. and Cellier, P. 2010. Effect of slope position and land use on nitrous oxide (N₂O) emissions (Seine Basin, France). *Agric. For. Meteorol.*, 150: 1192-1202.
- Vinotha, S.P., Parthasarathi, K. and Ranganathan, L.S. 2000. Enhanced phosphatase activity in earthworm casts is more of microbial origin. *Current Science*, (79): 1158–1159.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ. 2000. Kültür sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü. Bornova, İzmir.
- Wang, J., Wang, W. and Gu, J. 2014. Community structure and abundance of ammonia-oxidizing archaea and bacteria after conversion from soybean to rice paddy in albic soils of northeast China. *Appl Microbiol Biotechnol*, 98: 2765-2778.
- Wang, J., Zhang, L., Lu, Q., Raza, W., Huang, Q. and Shen, Q. 2014. Ammonia oxidizer abundance in paddy soil profile with different fertilizer regimes. *Applied Soil Ecology*, 84: 38-44.
- Wessen, E., Nyberg, K., Jansson, J.K. and Hallin, S. 2010. Responses of bacterial and archaeal ammonia oxidizers to soil organic and fertilizer amendments under long-term management. *Applied Soil Ecology*, 45: 193-200.
- Weston, D. and Seeling, B. 1994. Managing Nitr. Fert. to Prev. Groundwater Contamin. Ext. Bull. No: 64.

- Whalen, J.K., Chang, C., Clayton, G.W. and Carefoot, J.P. 2000. Cattle Manure Amendments Can Increase the pH of Acid Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 962-966.
- Yang, L., Li, T., Li, F., Lemcoff, J.H. and Cohen, S. 2008. Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field. *Scientia Horticulturae*, 116: 21-26.
- Yilmaz, E., Özen, N. ve Özen, M.Ö. 2017. Determination of changes in yield and quality of tomato seedlings (*Solanum lycopersicon cv. Sedef F1*) in different soilless growing media. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30: 163-168.
- Zakir, H.M., Sultana, M.N. and Saha, K.C. 2012. Influence of commercially available organic vs inorganic fertilizers on growth yield and quality of carrot. *J. Environ. Sci. & Natural Resources*. 5(1): 39 - 45.
- Zhong, L., Du, R., Ding, K., Kang, X., Li, F.Y., Bowatte, S., Hoogendoorn, C.J., Wang, Y., Rui, Y., Jiang, L. and Wang, S. 2014. Effects of grazing on N₂O production potential and abundance of nitrifying and denitrifying microbial communities in meadow-steppe grassland in northern China. *Soil Biology and Biochemistry*, 69: 1-10.

7. EKLER

Ek 1. Uygulamaların fide kalite parametreleri ile fide yetiştirme ortamı kimyasal ve biyolojik parametreleri üzerine I. dönem etkisini gösteren varyans çizelgesi

Kaynak		K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Çıkış oranı	Uygulama	85.739	4	21.435	27.942	.000
	Hata	7.671	10	.767		
	Toplam	93.410	14			
Fide boyu	Uygulama	1.062	4	.266	.550	.704
	Hata	4.828	10	.483		
	Toplam	5.890	14			
Gövde çapı	Uygulama	.590	4	.148	10.592	.001
	Hata	.139	10	.014		
	Toplam	.729	14			
Yaş ağırlık	Uygulama	825.251	4	206.313	29.744	.000
	Hata	69.362	10	6.936		
	Toplam	894.613	14			
Kök uzunluğu	Uygulama	2.192	4	.548	3.655	.044
	Hata	1.499	10	.150		
	Toplam	3.691	14			
pH	Uygulama	.278	4	.069	25.277	.000
	Hata	.027	10	.003		
	Toplam	.305	14			
EC	Uygulama	185494.519	4	46373.630	209.403	.000
	Hata	2214.568	10	221.457		
	Toplam	187709.086	14			
Üreaz	Uygulama	13871.609	4	3467.902	35.416	.000
	Hata	979.189	10	97.919		
	Toplam	14850.798	14			
Fosfataz	Uygulama	27823.727	4	6955.932	31.186	.000
	Hata	2230.501	10	223.050		
	Toplam	30054.228	14			
Glikosidaz	Uygulama	357.614	4	89.404	81.353	.000
	Hata	10.990	10	1.099		
	Toplam	368.604	14			
Dehidrogenaz	Uygulama	33.409	4	8.352	23.788	.000
	Hata	3.511	10	.351		
	Toplam	36.920	14			
Nitrifikasyon	Uygulama	194.360	4	48.590	36.780	.000
	Hata	13.211	10	1.321		
	Toplam	207.571	14			
Denitrifikasyon	Uygulama	.433	4	.108	11.714	.001
	Hata	.092	10	.009		
	Toplam	.525	14			
Bakteri sayısı	Uygulama	1.149	4	.287	1.633	.241
	Hata	1.760	10	.176		
	Toplam	2.909	14			

Ek 2. Uygulamaların fide kalite parametreleri ile fide yetiştirme ortamı kimyasal ve biyolojik parametreleri üzerine II. dönem etkisini gösteren varyans çizelgesi

Kaynak		K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Çıkış oranı	Uygulama	101.449	4	25.362	33.061	.000
	Hata	7.671	10	.767		
	Toplam	109.121	14			
Fide boyu	Uygulama	55.698	4	13.925	27.738	.000
	Hata	5.020	10	.502		
	Toplam	60.718	14			
Gövde çapı	Uygulama	.968	4	.242	2.816	.048
	Hata	.860	10	.086		
	Toplam	1.828	14			
Yaş ağırlık	Uygulama	449.458	4	112.364	16.449	.000
	Hata	68.309	10	6.831		
	Toplam	517.767	14			
Kök uzunluğu	Uygulama	.484	4	.121	1.346	.319
	Hata	.899	10	.090		
	Toplam	1.382	14			
pH	Uygulama	.169	4	.042	21.176	.000
	Hata	.020	10	.002		
	Toplam	.189	14			
EC	Uygulama	26957.664	4	6739.416	5.738	.012
	Hata	11746.235	10	1174.623		
	Toplam	38703.899	14			
Üreaz	Uygulama	1352.390	4	338.098	5.943	.010
	Hata	568.928	10	56.893		
	Toplam	1921.318	14			
Fosfataz	Uygulama	4901.403	4	1225.351	53.608	.000
	Hata	228.575	10	22.858		
	Toplam	5129.978	14			
Glikosidaz	Uygulama	218.722	4	54.680	11.913	.001
	Hata	45.898	10	4.590		
	Toplam	264.620	14			
Dehidrogenaz	Uygulama	3.885	4	.971	8.160	.003
	Hata	1.190	10	.119		
	Toplam	5.076	14			
Nitrifikasyon	Uygulama	20.078	4	5.020	4.085	.032
	Hata	12.287	10	1.229		
	Toplam	32.366	14			
Denitrifikasyon	Uygulama	.103	4	.026	1.097	.409
	Hata	.234	10	.023		
	Toplam	.337	14			
Bakteri sayısı	Uygulama	.571	4	.143	2.352	.012
	Hata	.607	10	.061		
	Toplam	1.177	14			

Ek 3. Uygulamaların normal toprağın enzim aktiviteleri ve bakteri sayısı üzerine etkisini gösteren I. dönem tekrarlı ölçüm çizelgesi

Üreaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	5837.902	3	1945.967	27.145	.000
Uygulamalar	10225.370	16	639.086	8.915	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	4770.848	48	99.393	1.386	.044
Hata	9749.642	136	71.689		
Toplam	180365.465	204			
Alkali fosfataz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	1786.048	3	595.349	52.942	.000
Uygulamalar	3797.279	16	237.330	21.105	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1639.190	48	34.150	3.037	.000
Hata	1529.372	136	11.245		
Toplam	92733.822	204			
β -glikosidaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	660.454	3	220.151	80.345	.000
Uygulamalar	606.563	16	37.910	13.836	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	289.872	48	6.039	2.204	.000
Hata	372.649	136	2.740		
Toplam	17746.663	204			
Dehidrogenaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	6.448	3	2.149	97.727	.000
Uygulamalar	4.492	16	.281	12.765	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	8.788	48	.183	8.325	.000
Hata	2.991	136	.022		
Toplam	190.071	204			
Nitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	71.532	3	23.844	899.174	.000
Uygulamalar	8.389	16	.524	19.773	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	15.912	48	.332	12.501	.000
Hata	3.606	136	.027		
Toplam	371.396	204			
Denitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	42.608	3	14.203	587.553	.000
Uygulamalar	29.528	16	1.846	76.348	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	46.544	48	.970	40.114	.000
Hata	3.287	136	.024		
Toplam	542.681	204			
Bakteri sayısı	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	1.349	3	.450	8.738	.000
Uygulamalar	1.385	16	.087	1.682	.047
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	4.339	48	.090	1.756	.006
Hata	7.000	136	.051		
Toplam	82.560	204			

Ek 4. Uygulamaların rizosfer toprağının enzim aktiviteleri ve bakteri sayısı üzerine etkisini gösteren I. dönem tekrarlı ölçüm çizelgesi

Üreaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	6040.635	3	2013.545	26.798	.000
Uygulamalar	10842.865	16	677.679	9.019	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	5388.124	48	112.253	1.494	.038
Hata	10218.922	136	75.139		
Toplam	258310.672	204			
Alkali fosfataz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	11929.768	3	3976.589	129.134	.000
Uygulamalar	6959.600	16	434.975	14.125	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	5073.954	48	105.707	3.433	.000
Hata	4188.023	136	30.794		
Toplam	224370.844	204			
β -glikosidaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	346.791	3	115.597	5.276	.002
Uygulamalar	825.160	16	51.572	2.354	.004
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1057.581	48	22.033	1.006	.476
Hata	2979.860	136	21.911		
Toplam	21919.674	204			
Dehidrogenaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	3.536	3	1.179	50.873	.000
Uygulamalar	2.646	16	.165	7.139	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	4.322	48	.090	3.887	.000
Hata	3.151	136	.023		
Toplam	153.097	204			
Nitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	36.504	3	12.168	152.748	.000
Uygulamalar	4.108	16	.257	3.223	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	9.666	48	.201	2.528	.000
Hata	10.834	136	.080		
Toplam	281.821	204			
Denitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	.050	3	.017	3.293	.023
Uygulamalar	.250	16	.016	3.117	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1.602	48	.033	6.646	.000
Hata	.683	136	.005		
Toplam	83.515	204			
Bakteri sayısı	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	7.291	3	2.430	18.859	.000
Uygulamalar	4.756	16	.297	2.307	.005
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	11.592	48	.241	1.874	.003
Hata	17.527	136	.129		
Toplam	538.120	204			

Ek 5. Uygulamaların normal toprağın enzim aktiviteleri ve bakteri sayısı üzerine etkisini gösteren II. dönem tekrarlı ölçüm çizelgesi

Üreaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	85579.557	3	28526.519	551.559	.000
Uygulamalar	27775.354	16	1735.960	33.565	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	35938.640	48	748.722	14.477	.000
Hata	7033.891	136	51.720		
Toplam	724515.758	204			
Alkali fosfataz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	11838.758	3	3946.253	351.797	.000
Uygulamalar	6937.911	16	433.619	38.656	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	7096.495	48	147.844	13.180	.000
Hata	1525.568	136	11.217		
Toplam	130770.955	204			
β -glikosidaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	1280.828	3	426.943	119.292	.000
Uygulamalar	860.189	16	53.762	15.022	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1017.090	48	21.189	5.921	.000
Hata	486.738	136	3.579		
Toplam	23063.734	204			
Dehidrogenaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	12.125	3	4.042	67.443	.000
Uygulamalar	6.588	16	.412	6.871	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	14.349	48	.299	4.988	.000
Hata	8.150	136	.060		
Toplam	76.571	204			
Nitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	165.572	3	55.191	1078.834	.000
Uygulamalar	5.335	16	.333	6.518	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	8.904	48	.186	3.626	.000
Hata	6.957	136	.051		
Toplam	417.917	204			
Denitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	207.713	3	69.238	881.062	.000
Uygulamalar	104.504	16	6.532	83.115	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	151.119	48	3.148	40.063	.000
Hata	10.687	136	.079		
Toplam	2002.124	204			
Bakteri sayısı	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	.157	3	.052	15.935	.000
Uygulamalar	.191	16	.012	3.631	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	.535	48	.011	3.397	.000
Hata	.447	136	.003		
Toplam	34.050	204			

Ek 6. Uygulamaların rizosfer toprağının enzim aktiviteleri ve bakteri sayısı üzerine etkisini gösteren II. dönem tekrarlı ölçüm çizelgesi

Üreaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	111209.294	3	37069.765	1309.529	.000
Uygulamalar	5444.123	16	340.258	12.020	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	9084.643	48	189.263	6.686	.000
Hata	3849.847	136	28.308		
Toplam	569289.297	204			
Alkali fosfataz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	5851.645	3	1950.548	187.258	.000
Uygulamalar	2358.220	16	147.389	14.150	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1749.365	48	36.445	3.499	.000
Hata	1416.629	136	10.416		
Toplam	103739.147	204			
β -glikosidaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	608.462	3	202.821	118.924	.000
Uygulamalar	214.233	16	13.390	7.851	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	703.924	48	14.665	8.599	.000
Hata	231.942	136	1.705		
Toplam	19070.231	204			
Dehidrogenaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	2.477	3	.826	39.383	.000
Uygulamalar	4.065	16	.254	12.119	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	7.630	48	.159	7.583	.000
Hata	2.851	136	.021		
Toplam	59.933	204			
Nitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	133.209	3	44.403	761.439	.000
Uygulamalar	5.054	16	.316	5.417	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	10.802	48	.225	3.859	.000
Hata	7.931	136	.058		
Toplam	376.853	204			
Denitrifikasyon	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	145.636	3	48.545	2158.511	.000
Uygulamalar	11.957	16	.747	33.229	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	26.214	48	.546	24.283	.000
Hata	3.059	136	.022		
Toplam	359.660	204			
Bakteri sayısı	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	4.566	3	1.522	28.698	.000
Uygulamalar	14.674	16	.917	17.291	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	54.613	48	1.138	21.451	.000
Hata	7.213	136	.053		
Toplam	450.430	204			

Ek 7. Uygulamaların toprağın incelenen kimyasal özellikleri üzerine etkisini gösteren I. dönem varyans çizelgesi

Kaynak		K.T.	S.D.	K.O.	F	P
NH ₄ ⁺ -N	Uygulama	121738.8	6	25.362	28.124	.000
	Hata	9205.2	10	.767		
	Toplam	130945.2	16			
NO ₃ ⁻ -N	Uygulama	66837.6	6	13.925	32.731	.000
	Hata	6024	10	.502		
	Toplam	72861.6	16			
NO ₂ ⁻ -N	Uygulama	1.32	6	.242	9.521	.000
	Hata	1.032	10	.086		
	Toplam	2193.6	16			
pH	Uygulama	539349.6	6	112.364	24.397	.000
	Hata	81970.8	10	6.831		
	Toplam	621320.4	16			
EC	Uygulama	0.5808	6	.121	6.742	.000
	Hata	1.0788	10	.090		
	Toplam	1658.4	16			
Toplam N	Uygulama	0.2028	6	.042	28.289	.000
	Hata	0.144	10	.002		
	Toplam	0.2268	16			
Alınabilir P	Uygulama	32349197	6	6739.416	15.159	.000
	Hata	14095482	10	1174.623		
	Toplam	46444679	16			
Değişebilir K	Uygulama	1622868	6	338.098	7.265	.000
	Hata	682713.6	10	56.893		
	Toplam	2305582	16			
Değişebilir Ca	Uygulama	5881684	6	1225.351	0.608	.123
	Hata	274290	10	22.858		
	Toplam	6155974	16			
Değişebilir Mg	Uygulama	262466.4	6	54.680	11.913	.089
	Hata	55077.6	10	4.590		
	Toplam	317544	16			
Alınabilir Fe	Uygulama	4662	6	.971	8.750	.000
	Hata	1428	10	.119		
	Toplam	6091.2	16			
Alınabilir Mn	Uygulama	24093.6	6	5.020	9.521	.000
	Hata	14744.4	10	1.229		
	Toplam	38839.2	16			
Alınabilir Zn	Uygulama	0.1236	6	.026	6.125	.000
	Hata	0.2808	10	.023		
	Toplam	0.4044	16			
Alınabilir Cu	Uygulama	0.6852	6	.143	2.352	.112
	Hata	0.7284	10	.061		
	Toplam	1412.4	16			

Ek 8. Uygulamaların marulun mineral beslenme durumu, bitkinin verimi ve kalite parametreleri üzerine etkisini gösteren I. dönem varyans çizelgesi

Kaynak		K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Toplam N	Uygulama	108347.5	6	22.326	39.157	.000
	Hata	8192.628	10	.362		
	Toplam	116541.2	16			
Toplam P	Uygulama	59485.46	6	11.159	0.159	.248
	Hata	5361.36	10	.587		
	Toplam	64846.82	16			
Toplam K	Uygulama	1.1748	6	.149	5.159	.000
	Hata	0.91848	10	.097		
	Toplam	1952.304	16			
Toplam Ca	Uygulama	480021.1	6	112.364	0.449	.157
	Hata	72954.01	10	6.831		
	Toplam	552975.2	16			
Toplam Mg	Uygulama	0.516912	6	.121	1.346	.099
	Hata	0.960132	10	.090		
	Toplam	1475.976	16			
Toplam Fe	Uygulama	0.180492	6	.042	2.359	.000
	Hata	0.12816	10	.002		
	Toplam	0.201852	16			
Toplam Mn	Uygulama	28790785	6	6739.416	1.738	.062
	Hata	12544979	10	1174.623		
	Toplam	41335764	16			
Toplam Zn	Uygulama	1444353	6	338.098	3.741	.003
	Hata	607615.1	10	56.893		
	Toplam	2051968	16			
Toplam Cu	Uygulama	5234699	6	1225.351	0.608	.198
	Hata	244118.1	10	22.858		
	Toplam	5478817	16			
KBC	Uygulama	233595.1	6	54.680	4.344	.000
	Hata	49019.06	10	4.590		
	Toplam	282614.2	16			
BU	Uygulama	4149.18	6	.971	3.185	.003
	Hata	1270.92	10	.119		
	Toplam	5421.168	16			
YA	Uygulama	21443.3	6	5.020	2.743	.002
	Hata	13122.52	10	1.229		
	Toplam	34566.89	16			
YS	Uygulama	0.110004	6	.026	3.775	.002
	Hata	0.249912	10	.023		
	Toplam	0.359916	16			
OBA	Uygulama	0.609828	6	.143	7.795	.000
	Hata	0.648276	10	.061		
	Toplam	1257.036	16			
Verim	Uygulama	0.807267	6	.248	7.900	.000
	Hata	0.874698	10	.127		
	Toplam	1438.087	16			

Ek 9. Uygulamaların toprağın incelenen kimyasal özellikleri üzerine etkisini gösteren II. dönem varyans çizelgesi

Kaynak		K.T.	S.D.	K.O.	F	P
NH ₄ ⁺ -N	Uygulama	10956.49	6	2028.96	31.948	.000
	Hata	828.468	10	0.06136		
	Toplam	11785.07	16			
NO ₃ ⁻ -N	Uygulama	6015.384	6	1114	37.182	.000
	Hata	542.16	10	0.04016		
	Toplam	6557.544	16			
NO ₂ ⁻ -N	Uygulama	0.1188	6	0.01936	8.863	.000
	Hata	0.09288	10	0.00688		
	Toplam	197.424	16			
pH	Uygulama	48541.46	6	8989.12	27.714	.000
	Hata	7377.372	10	546.48		
	Toplam	55918.84	16			
EC	Uygulama	0.052272	6	0.00968	5.651	.001
	Hata	0.097092	10	0.0072		
	Toplam	149.256	16			
Toplam N	Uygulama	0.018252	6	0.00336	32.136	.000
	Hata	0.01296	10	0.00016		
	Toplam	0.020412	16			
Alınabilir P	Uygulama	2911428	6	539153.3	12.860	.000
	Hata	1268593	10	93969.84		
	Toplam	4180021	16			
Değişebilir K	Uygulama	146058.1	6	27047.84	6.142	.000
	Hata	61444.22	10	4551.44		
	Toplam	207502.4	16			
Değişebilir Ca	Uygulama	529351.6	6	98028.08	0.898	.123
	Hata	24686.1	10	1828.64		
	Toplam	554037.7	16			
Değişebilir Mg	Uygulama	23621.98	6	4374.4	1.353	.089
	Hata	4956.984	10	367.2		
	Toplam	28578.96	16			
Alınabilir Fe	Uygulama	419.58	6	0.07768	11.235	.000
	Hata	128.52	10	0.00952		
	Toplam	548.208	16			
Alınabilir Mn	Uygulama	2168.424	6	401.6	4.768	.000
	Hata	1326.996	10	98.32		
	Toplam	3495.528	16			
Alınabilir Zn	Uygulama	0.011124	6	0.00208	4.156	.000
	Hata	0.025272	10	0.00184		
	Toplam	0.036396	16			
Alınabilir Cu	Uygulama	0.061668	6	0.01144	0.267	.112
	Hata	0.065556	10	0.00488		
	Toplam	127.116	16			

Ek 10. Uygulamaların marulun mineral beslenme durumu, bitkinin verimi ve kalite parametreleri üzerine etkisini gösteren II. dönem varyans çizelgesi

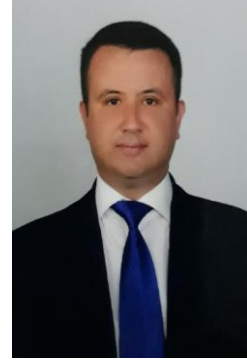
Kaynak		K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Toplam N	Uygulama	128825.2	6	23888.82	33.267	.000
	Hata	9741.035	10	0.67624		
	Toplam	138567.5	16			
Toplam P	Uygulama	70728.21	6	11940.13	0.383	.241
	Hata	6374.657	10	0.62809		
	Toplam	77102.87	16			
Toplam K	Uygulama	1.396837	6	0.15943	2.987	.045
	Hata	1.092073	10	0.10379		
	Toplam	2321.289	16			
Toplam Ca	Uygulama	570745.1	6	120229.5	0.552	.165
	Hata	86742.32	10	7309.17		
	Toplam	657487.5	16			
Toplam Mg	Uygulama	0.614608	6	0.12947	1.298	.085
	Hata	1.141597	10	0.0963		
	Toplam	1754.935	16			
Toplam Fe	Uygulama	0.214605	6	0.04494	1.857	.042
	Hata	0.152382	10	0.03103		
	Toplam	0.240002	16			
Toplam Mn	Uygulama	34232243	6	7211175	1.279	.082
	Hata	14915980	10	1256847		
	Toplam	49148223	16			
Toplam Zn	Uygulama	1717336	6	361764.9	5.863	.001
	Hata	722454.4	10	60875.51		
	Toplam	2439790	16			
Toplam Cu	Uygulama	6224057	6	1311126	0.687	.169
	Hata	290256.4	10	24458.06		
	Toplam	6514313	16			
KBC	Uygulama	277744.6	6	58507.6	5.016	.000
	Hata	58283.66	10	4911.3		
	Toplam	336028.3	16			
BU	Uygulama	4933.375	6	1.03897	14.774	.000
	Hata	1511.124	10	0.12733		
	Toplam	6445.769	16			
YA	Uygulama	25496.08	6	5371.4	9.014	.000
	Hata	15602.68	10	1315.03		
	Toplam	41100.03	16			
YS	Uygulama	0.130795	6	0.02782	7.133	.000
	Hata	0.297145	10	0.02461		
	Toplam	0.42794	16			
OBA	Uygulama	0.725085	6	0.15301	14.616	.000
	Hata	0.7708	10	0.06527		
	Toplam	1494.616	16			
Verim	Uygulama	0.95984	6	0.26536	14.524	.000
	Hata	1.040016	10	0.13589		
	Toplam	1709.885	16			

ÖZGEÇMİŞ

İSMAİL EMRAH TAVALI

emrah.tavali@alanya.edu.tr

emrahtavali@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2012-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2009-2011	Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2003-2007	Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi	Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi
2018-Devam Ediyor	Gazipaşa MRB MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Antalya
Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi
2009-2018	Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Uz, I., Sönmez, S., Tavali, I.E., Citak, S., Uras, D.S. and Citak, 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*, vol.44, pp.280-290.

2- Uz, I. and Tavali, 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", *THESCIENTIFICWORLDJOURNAL*, pp.0-0.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Maltaş, A.Ş., Tavali, İ.E., Uz, İ. ve Kaplan M. 2017. "Kırmızı baş lahanası (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*) yetiştiriciliğinde vermicompost uygulaması", *MEDITERRANEAN AGRICULTURAL SCIENCES*, cilt.30, ss.155-161.

2- Tavali, İ.E., Uz, İ. ve Orman, Ş. 2014. "Vermikompost ve tavuk gübresinin yazlık kabağın (*Cucurbita pepo* L. cv. *Sakız*) verim ve kalitesi ile toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, cilt.27, ss.119-124.

3- Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş., Uz, İ. ve Kaplan, M. 2014. "Vermikompostun beyaz baş lahananın (*Brassica oleracea* var. *Alba*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine etkisi", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, no.27(1), ss.61-67.

4- Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş., Uz, İ. ve Kaplan, M. 2013. "Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermicompostun etkisi", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, no.2, ss.115-120.

5- Tavali, İ.E. ve Uz, İ. 2011. "Vermikompostun sürdürülebilir tarımsal üretimde kullanımı", *Hasad Bitkisel Üretim Dergisi*, cilt.27, ss.106-110.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Tavali, İ.E. ve Uz, İ. "Vermikompostta Isıl İşlem Uygulamasının Toprağın Azot İle İlişkili Biyolojik Ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi", 8. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, ANTALYA, TÜRKİYE, 12-15 Mart 2019, pp. 74-74.

2- Tavali, İ.E. ve Uz, İ. "Sebze Fidesi Yetiştiriciliğinde Vermikompost Uygulaması", Doğal 2018 (Natural 2018) AVRASYA Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi' 2018 (International EURASIAN Natural Nutrition and Healthy Life Summit 2018), ANKARA, TÜRKİYE, 12-15 Temmuz 2018, pp.1-1.

3- Ok, H., Orman, Ş. ve Tavali, İ.E. "Advantages and risks of using sewage sludge in agriculture", 5.ULUSLARARASI KATILIMLI TOPRAK VE SU KAYNAKLARI KONGRESİ, KIRKLARELİ, TÜRKİYE, 12-15 Eylül 2017, pp.199-199.

- 4- Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş., Uz, İ. ve Kaplan, M. "Utilization of vermicompost in horticultural plant growing", 5.ULUSLARARASI KATILIMLI TOPRAK VE SU KAYNAKLARI KONGRESİ, KIRKLARELİ, TÜRKİYE, 12-15 Eylül 2017, pp.198-198.
- 5- Ok, H., Tavali, İ.E., Maltaş, A.Ş. ve Orman, Ş. "Effect of sewage sludge on microbial dynamics of soil", 5.ULUSLARARASI KATILIMLI TOPRAK VE SU KAYNAKLARI KONGRESİ, KIRKLARELİ, TÜRKİYE, 12-15 Eylül 2017, pp.206-206.
- 6- Tavali, İ.E. ve Ok, H. "Identification and classification of soil microbial communities responsible for the nitrogen cycle", 5.ULUSLARARASI KATILIMLI TOPRAK VE SU KAYNAKLARI KONGRESİ, KIRKLARELİ, TÜRKİYE, 12-15 Eylül 2017, pp.205-205.
- 7- Tavali, İ.E., Uz, İ. ve Orman, Ş. "Effect of vermicompost and chicken manure on yield and quality of summer squash (Cucurbita pepoL.cv. Sakız) and soil physical and chemical properties", 9th International Soil Science Congress on The Soul of Soil and Civilization, ANTALYA, TÜRKİYE, 14-16 Ekim 2014, pp.662-662.
- 8- Tavali, İ.E. and Uz, İ. "Effect of Vermicompost Application on Soil Alkaline Phosphatase Activity and Available Phosphorus Content", 8th International Soil Science Congress on "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, İZMİR, TÜRKİYE, 15-17 Mayıs 2012, vol.5, pp.607-612.