

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

**FOSFOR ÇÖZÜCÜ BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRE
UYGULAMALARININ TOPRAĞIN BAZI BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE
DOMATES BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE BESİN MADDESİ ALIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Songül ÇETİN TORUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

2015

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

**FOSFOR ÇÖZÜCÜ BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRE
UYGULAMALARININ TOPRAĞIN BAZI BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE
DOMATES BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE BESİN MADDESİ ALIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Songül ÇETİN TORUN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**Bu tez 2013.02.0121.010 no'lu proje olarak Akdeniz Üniversitesi Bilimsel
Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir.**

2015

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOSFOR ÇÖZÜCÜ BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRE
UYGULAMALARININ TOPRAĞIN BAZI BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE
DOMATES BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE BESİN MADDESİ ALIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Songül ÇETİN TORUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Bu tez 30/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. İlker UZ (Danışman)

Doç. Dr. Şule ORMAN

Yrd. Doç. Dr. Halil DEMİR



ÖZET

FOSFOR ÇÖZÜCÜ BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRE UYGULAMALARININ TOPRAĞIN BAZI BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE DOMATES BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE BESİN MADDESİ ALIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Songül ÇETİN TORUN

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İlker UZ

Haziran 2015, 84 sayfa

Yapılan bu çalışmada, domates bitkisi (*Solanum lycopersicum* L.) yetiştirilen toprağa uygulanan ve içerisinde fosfor çözücü bakteri (*Paenibacillus polymyxa*) bulunduran bir mikrobiyal gübrenin, toprağın bakteriyel varlığı ve enzim aktivitesi gibi biyolojik ve bazı kimyasal parametreleri ile domates bitkisinin bitki besin kapsamı ve verim değerleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaca yönelik olarak farklı dozlarda (0 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm ve 192.52 ppm) verilen fosforlu gübrelerin tek başına (P0, P25, P50, P75, PR) ya da standart dozda mikrobiyal gübre ile kombinelerinin (P0+B, P25+B, P50+B, P75+B, PR+B) ortama verildiği uygulamalar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Deneme 5 tekerrür olacak şekilde toplam 50 saksı ile tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuş ve sera ortamında 128 gün boyunca yürütülmüştür. Deneme boyunca 0, 1, 4, 13 ve 18. haftalarda toprak numuneleri, yetiştirme dönemi ortasında yaprak numuneleri, hasat dönemlerinde meyve numuneleri alınmış ve analiz edilmiştir. Yetiştirme dönemi sonunda (18. hafta) bitki kuru ağırlık değerleri belirlenerek fosfor etkinlik düzeyleri hesaplanmıştır. Deneme öncesi toprakta rutin verim analizleri (bünye, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), %kireç, organik madde, toplam N, değişebilir K, Ca, Mg ve alınabilir P, Fe, Zn, Mn, Cu) yapılmıştır. Deneme sonunda alınan toprak örneklerinde söz konusu besin elementi analizleri tekrar edilmiştir. Deneme boyunca beş farklı dönemde alınan saksı topraklarının pH, EC, alınabilir fosfor, üreaz, alkali fosfataz, β -glikosidaz ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizleri yapılmıştır. Ayrıca 18. haftada sökülen bitkilerin rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerinde pH, EC, alınabilir fosfor, üreaz, alkali fosfataz, β -glikosidaz ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizleri tekrar yapılmıştır. Alınan yaprak örnekleri ile bitkinin N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn ve Cu içerikleri analiz edilmiştir. Hasat edilen meyvelerde ise toplam verim, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve sayısı gibi verim parametreleri incelenmiştir.

Yetiştirme dönemi boyunca ve sonunda toprakların alınabilir fosfor oranlarının bakterili uygulamalarda genel olarak daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte genel olarak bu değerlerin kontrol seviyelerinin üzerinde kaldığı ve en yüksek alınabilir fosfor değerini bakteri içeren en yüksek fosfor uygulamasının (PR+B) verdiği görülmüştür. Ayrıca toprakların değişebilir K, Mg, Na, ve alınabilir

Zn, Mn ve Cu miktarlarını yine bakteri içeren en yüksek fosfor uygulamasının (PR+B) en yüksek düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Üreaz, alkali fosfataz ve β -glukosidaz enzim aktiviteleri incelendiğinde bakterili ve bakterisiz uygulamalar arasında önemli farklar görülmezken zamana bağlı değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprağın mezofil bakteri sayıları incelendiğinde yüksek dozda verilen fosfor ve bunların bakterili kombineleri en yüksek değerleri vermiştir. Toplam verim ve bitki kuru ağırlığı açısından en yüksek değerler bakteri içeren en yüksek fosfor uygulaması (PR+B) ile elde edilmiş olup bakterili ve bakterisiz uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Alkali Fosfataz, β -Glikosidaz, Biyogübre, Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (PGPR), Domates, Fosfor Çözücü Bakteri (PSB), Kimyasal Gübre, Mikrobiyal Gübre, Toprak Enzim Aktivitesi, Toprak Verimliliği, Üreaz

JÜRİ: Yrd. Doç. Dr. İlker UZ (Danışman)
Doç. Dr. Şule ORMAN
Yrd. Doç. Dr. Halil DEMİR

ABSTRACT

EFFECT OF APPLICATION OF A MICROBIAL FERTILIZER THAT CONTAINS PHOSPHORUS SOLUBILIZING BACTERIA ON SOME SOIL BIOLOGICAL PROPERTIES AND GROWTH AND NUTRITIONAL STATUS OF TOMATO PLANT

Songül ÇETİN TORUN

MSc Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İlker UZ

June 2015, 84 pages

Objective of this study was to investigate effects of a microbial fertilizer, which contains a phosphorus solubilizing bacteria (*Paenibacillus polymyxa*), on biological properties such as bacterial number and enzyme activity and some chemical properties in a soil on which tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) were grown. Its effects on nutrient content and yield of tomato plants were also in the scope of this study. For this purpose, applications of phosphorus in different rates (0, 25, 50, 75, and 192.52 ppm) alone and with the microbial fertilizer in a standard dose were comparatively evaluated.

The experiment was set according to the randomized block design with five replicates and carried out for 128 days in total of 50 pots under greenhouse conditions. During the growth season, soil samples were collected in regular intervals (0, 1st, 4th, 13th, and 18th weeks). In the middle of the growth season, leaf samples, and in the harvesting time, fruit samples were collected and analyzed. At the end of the growth season (18th week) above-ground plant portion was removed from pots to determine plant dry weight and to calculate phosphorus efficiency level. Prior to the experiment, the test soil was analyzed for texture, pH, EC, lime content, organic matter content, total N, exchangeable K, Ca and Mg, available P, Fe, Mn, Zn and Cu. At the end of the experiment, macro and micro nutrient analyses were repeated in soil samples collected from treatments. Soil samples regularly collected from treatments during the experiment were used to determine changes in pH, EC, available P, urease, alkaline phosphatase and β -glucosidase activities, and bacterial number. These analyses were also conducted for soils collected from plant rhizosphere at the end of the experiment. Leaf samples were used to determine N, P, K, Mg, Ca, Na, Fe, Zn, and Cu contents of test plants. Total yield, average fruit weight, and average fruit number were also measured.

During and at the end of the growth season, in general, available P content of soils receiving the microbial fertilizer was found to be lower than soils receiving no microbial fertilizer. However, these values were generally above the control value and the highest available P value was obtained from treatment with highest P application and the microbial fertilizer (PR+B). In addition, the highest level P application with microbial fertilizer (PR+B) was found to increase the most exchangeable K, Mg, Na, and available Zn, Mn, and Cu values in soil. In terms of

soil urease, alkaline phosphatase, and β -glucosidase activities, no significant difference was observed between treatments with and without the microbial fertilizer. On the other hand, effect of time on these parameters was statistically significant. In terms of mesophilic bacterial number, high level of P applications alone and with the microbial fertilizer resulted in the highest values. The highest total yield and plant dry weight were obtained with PR+B treatment and the difference between treatments with and without the microbial fertilizer was found to be statistically significant.

KEYWORDS: Alkaline Phosphatase, β -Glucosidase, Biofertilizer, Chemical Fertilizer, Microbial Fertilizer, Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB), Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Soil Enzyme Activity, Soil Fertility, Tomato, Urease

COMMITTEE: Asst. Prof. Dr. İlker UZ (Supervisor)
Assoc. Prof. Dr. Şule ORMAN
Asst. Prof. Dr. Halil DEMİR

ÖNSÖZ

Tarım sektörünün insan yaşamındaki önemi, insanlığın var oluşundan günümüze kadar devam etmiştir. Yüksek verim ve kaliteli ürün almak için kullanılan yöntemler zamanla çevresel ve ekonomik anlamda ciddi sorunlar meydana getirmiştir. Tarımda kimyasal kullanımının en aza indirilmesi, temiz ve güvenli gıdaların üretimi, insanlığın ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından zorunlu hale gelmiştir. Kimyasal girdilerin bilinçsiz ve yoğun kullanımı bitkilerde beslenme bozuklukları, çeşitli fizyolojik bozukluklar ve beraberinde verim ve kalitede düşüş gibi sorunlar ortaya çıkarmıştır. İnsan sağlığı açısından ise gıdalarda kalıntı problemi ve ayrıca çevre kirliliği yine yoğun kimyasal kullanımının diğer olumsuz etkileri arasındadır. Toprak, doğadaki tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için doğrudan veya dolaylı olarak ihtiyaç duyduğu ve yenilenemeyen en değerli varlığımızdır. Özellikle sera koşullarında yoğun kimyasal gübre ve ilaç kullanımı ve uygulama yöntemleri toprakta geri dönüşümü uzun zaman alan bozulmalara sebep olmaktadır. Bu uygulamalar sürdürülebilir tarımın önemli parçalarından olan yararlı mikroorganizmaları da yok ederek mikrobiyal faunayı bozmaktadır. Bütün bunlar göz önüne alındığında, toprakların organik ve/veya biyolojik zenginliğini artırarak toprak verimlilik düzeyini iyileştirmek, çevre sağlığını korumak ve dolayısıyla sürdürülebilir bir tarımsal üretim sistemine sahip olmak amacıyla yönelik olarak mikrobiyal gübre kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlamak adına biyolojik preparatların topraktaki ve bitki üzerindeki etkileri bu araştırmaya konu olarak seçilmiştir.

Bitkisel üretimin vazgeçilmez girdilerinden olan kimyasal gübre ve pestisitlerin insan ve çevre sağlığı açısından yarattığı sorunlar günümüzde tüketicilerin de bu konuda bilinçlenmesine sebep olmuş, tarımda alternatif sistemlerin arayışına gidilmiştir. Bu kapsamda organik ve biyolojik kaynaklı tarımsal ilaç ve gübrelerin üretim sistemlerine entegrasyonu gündeme gelmiştir. Bu yeni tarım sistemlerinin daha kolay entegrasyonu için çevre ve insan sağlığını gözetmenin yanı sıra yüksek verim ve kalitede ürün sağlaması ve üretim maliyetlerini düşürmesi gerekmektedir. Bitkisel üretimde yüksek verim ve kalite için gübreleme önemlidir ve maliyetler içerisinde önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle kimyasal gübre gereksinimini azaltması sebebiyle mikrobiyal gübre kullanımı son yıllarda önemli düzeyde artmıştır. Mikrobiyal gübreler kimyasal ve organik gübreleri ikame edebilecek düzeyde ve görevde olmasa da önemli sayılabilecek birçok tamamlayıcı katkılarından dolayı son zamanlarda gerçekleştirilen araştırma konuları arasında dikkat çekmektedir. Bu nedenle biyolojik gübreler hakkında yapılan araştırmalar da gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması açısından toprak yapısını, üretim sistemlerini ve üretim maliyetlerini göz önünde bulundurarak mikrobiyal gübrelerin kullanımı dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygınlaşmaktadır. Buna karşın, ülkemizde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından tescillenmiş olan birçok mikrobiyal gübre olmasına rağmen, bu anlamda ülkemiz koşullarında yapılmış çalışma sayısı çok kısıtlıdır. Oysaki ülkemiz koşullarında mikrobiyal kaynaklı gübre kullanımının uygunluğu ve faydaları konusunda yapılacak çalışmaların hız kazanması gerekmektedir. Elde edilecek bilgi ve tecrübelerin ilgili kurum ve kuruluşlar ile paylaşılması üreticilerin bilinçlenmesi açısından önemlidir. Bu çalışma,

fosfor çözücü bakteri içeren ve ülkemizde tescilli olarak kullanılan bir mikrobiyal gübrenin toprağın bakteri varlığı ve enzim aktivitesi, alınabilir fosfor kapsamı ile bitki gelişimi ve besin maddesi alımı üzerine olan etkileri konusunda bilgi sunmak üzere hazırlanmıştır.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. İlker UZ'a (Ak. Ün. Z.F.) teşekkür ediyorum. Çalışmamın laboratuvar ve yazım aşamalarında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. İ. Emrah TAVALI'ya (Ak. Ün. Z.F.) ayrıca teşekkür ederim. Bununla birlikte, sağladıkları samimi ve huzurlu ortamda bana da yer açan, yanlarında hiç yabancılık çekmediğim bölümümüzün çok değerli öğretim üyelerine, Zir. Müh. Aylin Özgür ZAMBAK'a (Ak. Ün. Z.F.), asistan arkadaşlarıma ve lisansüstü eğitim gören tüm bölüm arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın başından sonuna kadar arazi ve laboratuvar aşamalarında hep yanımda olan, yardım, destek ve sabrını esirgemeyen sevgili eşim Oğuzhan TORUN'a özellikle teşekkürü bir borç bilirim. Her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman haklarını ödeyemeyeceğim, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem ve babam Ünzile ve Ahmet ÇETİN'e, varlıklarını hep yanımda hissettiğim ve beni her zaman motive eden kız kardeşlerime sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI	3
2.1. Biyoteknoloji	3
2.1.1. Mikrobiyal gübreler	3
2.1.2. Mikrobiyal gübrelerin faydaları ve etki şekilleri	4
2.1.3. Mikrobiyal gübrelerin mevzuattaki yeri	5
2.1.4. Mikrobiyal gübrelerin sınıflandırılması	7
3. MATERYAL ve METOT	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Toprak materyali	17
3.1.2. Mikrobiyal gübre	18
3.2. Metot	19
3.2.1. Denemenin kurulması	19
3.2.2. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler	23
3.2.2.1. Toprakta yapılan fiziksel ve kimyasal analizler	23
3.2.2.2. Toprakta yapılan biyolojik analizler	24
3.2.2.3. Bitkide yapılan analizler	27
3.2.3. İstatistiksel analiz	28
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	29
4.1. Domates Bitkisinin Gelişimi Süresince ve Sonunda Toprağın Bazı Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerindeki Değişimler	29
4.1.1. Toprakta pH	29
4.1.2. Elektriksel iletkenlik (EC)	32
4.1.3. Alınabilir P	35
4.1.4. Üreaz enzim aktivitesi	38
4.1.5. Alkali fosfataz enzim aktivitesi	41
4.1.6. β -glükosidaz enzim aktivitesi	45
4.1.7. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı	48
4.2. Yetiştirme Dönemi Sonunda Gübre Uygulamalarının Toprağın Besin Elementi Kapsamları Üzerine Etkileri	51
4.2.1. Değişebilir K, Ca, Mg ve Na kapsamları	51
4.2.2. Alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu kapsamları	52
4.3. Gübre Uygulamalarının Domates Bitkisinin Mineral Besin İçeriklerine ve Bazı Verim Parametreleri Üzerine Etkileri	54
4.3.1. Toplam N, P, K, Ca, Mg ve Na içeriği	54
4.3.2. Toplam Fe, Zn, Mn ve Cu içeriği	55
4.3.3. Domateste toplam verim, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve sayısı ve bitki kuru ağırlığı gibi bazı verim parametreleri	57

4.3.4. Yetiştirme dönemi sonunda bitki rizosfer bölgesi toprakları ile rutin örnekleme ile alınan toprakların bazı parametreler açısından kıyaslanması.....	59
5. SONUÇ.....	63
6. KAYNAKLAR.....	65
7. EKLER.....	77
Ek 1. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı pH değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	77
Ek 2. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı EC değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	77
Ek 3. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı alınabilir P değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	77
Ek 4. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı üreaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	77
Ek 5. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı alkalın fosfataz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	78
Ek 6. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı β -glikosidaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	78
Ek 7. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı toplam aerobik mezofilik bakteri değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu.....	78
Ek 8. Domates yetiştirilen toprağın uygulamalara bağlı besin elementi değerlerine ilişkin varyans analiz tabloları.....	78
Ek 9. Domates bitkisinin uygulamalara bağlı besin elementi değerlerine ilişkin varyans analiz tabloları.....	80
Ek 10. Domates bitkisinin uygulamalara bağlı verim değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tabloları.....	81
Ek 11. Hasat yapılan bitkilerin yakın kök bölgesinden alınan örneklerde ve 18. hafta rutin örnekleme bölgesinden alınan toprak örneklerinin zamana ve doza bağlı verim değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tabloları.....	82
Ek 12. Fosfor etkinlik düzeyi değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu.....	83
Ek 13. Korelasyon Tablosu.....	84

ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
µS/cm	Mikrosimens/santimetre
µg/g	Mikrogram/gram
kob/g	Koloni oluşturan birim/gram
cfu/g	Colony forming unit (Koloni oluşturan birim)
mg/kg	Miligram/kilogram
mg/l	Miligram/litre
kg	Kilogram
g/cm ³	Gram/santimetreküp
g/t	Gram/ton
t/da	Ton/dekar
t/ha	Ton/hektar
mg/100 g	Miligram/100 gram
ppm	Part per million (Milyonda kısım)
da	Dekar
g	Gram
L	Litre
ml	Mililitre
t	Ton

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
TTC	Trifeniltetrazolyum klorid
PSB	Phosphorus Solubilizing Bacteria (Fosfor Çözücü Bakteri)
15:15:15	Üç 15 Kompoze Gübresi
CaCO ₃	Kalsiyum Karbonat
DTPA	Dietilen Triamin Pentaasetik Asit
EC	Elektriksel İletkenlik
PGPR	Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler
AN	Amonyum Nitrat
DAP	Di Amonyum Fosfat
MAP	Mono Amonyum Fosfat
KN	Potasyum Nitrat
H	Hidrojen
C	Karbon
O	Oksijen
N	Azot
P	Fosfor

K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Na	Sodyum
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Mn	Mangan
B	Bakteri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fosforun topraktaki hareketi (Ahemad ve Khan 2011)	10
Şekil 2.2. Fosfor çözücü bakterilerin fosforu çözme mekanizmaları (Khan vd 2006) ...	10
Şekil 3.1. a) Araştırmanın yürütüldüğü deneme serası	17
b) 22 litrelik saksılar	17
Şekil 3.2. Deneme saksılarının seradaki konumları	19
Şekil 3.3. a) Fide dikimi	22
b) Bakteri uygulamaları	22
Şekil 3.4. Alkali fosfataz enzim analizi için süspansiyon hazırlığı.....	26
Şekil 3.5. a) Bitki sökümü.....	27
b) Bitkileri doğrama işlemi.....	27
Şekil 3.6. Meyvelerinin hasat işlemi	28
Şekil 4.1. Domates yetiştirilen saksılarda toprak pH'sı değerlerindeki değişimler	30
Şekil 4.2. Domates yetiştirilen saksılarda toprak EC'sinde meydana gelen değişimler	33
Şekil 4.3. Domates yetiştirilen saksı toprağının alınabilir P kapsamındaki değişimler	36
Şekil 4.4. Domates yetiştirilen saksı toprağının üreaz aktivitesindeki değişimler.....	40
Şekil 4.5. Domates yetiştirilen saksı toprağının alkali fosfataz aktivitesindeki değişimler	43
Şekil 4.6. Domates yetiştirilen saksı toprağının β -glikosidaz aktivitesindeki değişimler	47
Şekil 4.7. Domates yetiştirilen saksı toprağının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısındaki değişimler	50
Şekil 4.8. Uygulamaların domates bitkisinde fosfor etkinlik düzeyine etkileri.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik EK-5	6
Çizelge 2.2. PGPR bakterilerini içeren ticari ürünler (Chet ve Chernin 2002, Glick vd 1999).....	7
Çizelge 2.3. Farklı bitki türlerinde serbest yaşayan bitki gelişim düzenleyici bakterilerin etkileri	14
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan toprak örneğinin bazı kimyasal özellikleri	18
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan mikrobiyal gübrenin bazı özellikleri	19
Çizelge 3.3. Deneme konuları	20
Çizelge 3.4. Saksılara uygulanan taban gübreleri ve miktarları	21
Çizelge 3.5. Deneme konularına ait uygulanan gübreleme programı	21
Çizelge 3.6. Deneme süresince yapraktan uygulanan mikroelement içerikli gübrenin etiket bilgileri	21
Çizelge 4.1. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprak pH' ına etkisi	31
Çizelge 4.2. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın EC değeri üzerine etkisi ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	34
Çizelge 4.3. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın alınabilir P kapsamı üzerine etkisi (mg kg^{-1}).....	37
Çizelge 4.4. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın üreaz aktivitesi üzerine etkisi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak/saat ²).....	41
Çizelge 4.5. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın alkali fosfataz aktivitesi üzerine etkisi $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat ⁻¹	44
Çizelge 4.6. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın β -glikosidaz aktivitesi üzerine etkisi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat ⁻¹).....	46
Çizelge 4.7. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi ($\times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak)	49

Çizelge 4.8. Yetiştirme dönemi sonunda gübre uygulamalarının toprakların değişebilir K, Ca, Mg ve Na kapsamlarına etkileri (mg kg^{-1})	52
Çizelge 4.9. Yetiştirme dönemi sonunda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu kapsamlarına etkileri (mg kg^{-1})	53
Çizelge 4.10. Gübre uygulamalarının domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg ve Na konsantrasyonlarına etkileri (%)	55
Çizelge 4.11. Gübre uygulamalarının domates bitkisinin Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları üzerine etkileri (ppm).....	56
Çizelge 4.12. Gübre uygulamalarının domates bitkisinde bazı verim parametreleri üzerine etkileri.....	57
Çizelge 4.13. Gübre uygulamalarının domates bitkisinde fosfor etkinlik düzeyleri üzerine etkileri.....	59
Çizelge 4.14. Yetiştirme dönemi sonunda bitki rizosfer bölgesi toprakları (18RT) ile rutin örnekleme ile alınan toprakların (18T) pH, EC, alınabilir fosfor, üreaz, alkali fosfataz, β -glükosidaz enzim aktiviteleri ile bakteri sayısı üzerine etkileri.....	62

1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde karşılaşılan sorunlara karşı sürdürülebilir çözümlerin ortaya konmasında yeni nesil tarım teknolojilerinin kullanımı önemli bir yere sahiptir. Giderek bilinçli hale gelen üretici ve tüketicilerin çevre ve insan sağlığını tehdit eden klasik tarım teknikleri yerine doğa dostu uygulamaları araştırması ve kullanması tarımda büyük yenilikleri beraberinde getirmiştir. İleri dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de tarımsal alanda biyoteknolojik yöntemler üretim modellerinde yerini almıştır. Gerek bitki koruma gerekse bitki beslemede organik ve mikrobiyal kaynaklı tarımsal girdiler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dünya geneline bakıldığında sağlıklı ve güvenli gıda tüketimi bilinci artmıştır ve bu anlamda önemli çalışmalar yapılmaktadır. Yirminci yüzyıl başlarında artan nüfusu beslemek ve toprakların besin elementi ihtiyaçlarını gidermek üzere yoğun olarak kullanılan kimyasal gübrelerin olumsuz etkilerini irdeleyen gelişmiş ülkeler, alternatif tarım ve gübreleme tekniklerini gündeme getirmiştir. Bu anlamda çevre ile uyumlu tarım tekniklerini içeren farklı dillerde “Ekolojik Tarım, Biyolojik Tarım ya da Organik Tarım” olarak adlandırılan tarım sistemleri benimsenmeye başlanmıştır (Bilen 2014). Bu tarım sistemlerinin önemli girdilerinden olan mikrobiyal gübreler üzerinde yapılan çalışmalar da yoğunlaşmıştır. Dünyada 1980’ den bu tarafa biyolojik gübreler üzerine yapılan yatırımların arttığı izlenmektedir. 30-31 Ekim 1995’de Pekin’de yapılan Ulusal İhtisas Konferansında “Bio-gübreler, Mikrobiyal Gübreler ya da Mikrobiyal Aşılama Materyali” olarak isimlendirilen gübrelerin ürün verimini arttırdığı, toprak verimliliğini ve biyoelveriliğini geliştirdiği, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azalttığı, organik atıkları parçalayarak besin elementlerini açığa çıkarttığı ve bunun sonucu olarak çevre kirliliğini azalttığı, ekolojik tarımda kullanımının diğer gübrelere göre ekonomik olduğu ve yeşil olarak yenen besinler için ideal gübreler olduğu rapor edilmiştir. Bu konferansta alınan kararlar neticesinde bugün bu gübrelerin kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir (Chen ve Xoing 1997). Ülkemizde ise her ne kadar mikrobiyal gübreler ile ilgili yapılan çalışmalar 1960’lı yıllara kadar uzanmakta ise de dünya geneline bakıldığında çok kısıtlı kalmıştır ve bu konu gereken ilgiyi görmemiştir.

Bitkisel üretimde yüksek verim ve kalite için gübreleme önemlidir ve maliyetler içerisinde önemli bir paya sahiptir. Mikrobiyal gübrelerin kullanıldığı entegre tarım sistemlerinin çevre ve insan sağlığını gözetmenin yanı sıra yüksek verim ve kalitede ürün sağlaması ve üretim maliyetlerini düşürmesi gerekmektedir. Gübre maliyetinin düşürülmesi ise doğru ve programlı bir gübreleme ile mümkün olmaktadır. Son yıllarda giderek artan kimyasal gübre gereksinimini azaltmak için mikroorganizmaların kullanımı yaygınlaşmaktadır ve bu nedenle biyolojik gübreler hakkında yapılan araştırmalar daha büyük önem arz etmektedir.

Ülkemiz tarım topraklarının büyük bir çoğunluğu, bölgemiz topraklarının ise neredeyse tamamı kireçli ve yüksek pH’lı özelliğe sahiptir. Yüksek pH ve kireç bitkilerin topraktan birçok besin maddesini almasını kısıtlayan faktörlerin başında gelmektedir. Bu koşullarda özellikle fosforlu gübreler ile uygulanan P_2O_5 formundaki fosfor Ca ve Mg gibi mineraller ile tepkimeye girerek bitkiler tarafından alınamaz forma dönüşmektedir (Fox vd 1965, Bilen ve Sezen 1993). Her yıl kimyasal gübreler ile toprağa uygulanan fosforun yaklaşık % 80-85’i bu yolla yarıyışsız forma dönüşmektedir (Holford 1997, Schachtman vd 1998, Abel vd 2002, Daroub vd 2003,

Leytem ve Westermann 2003, Shibata ve Yano 2003, Zhu vd 2003, Korkmaz vd 2004, Shin vd 2004 ve Gyaneshwar vd 2002). Toprakların toplam fosfor içeriği ne kadar yüksek olursa olsun, bitkiler için yararlı olan fosfor konsantrasyonu kritik düzeydedir (Rodriguez ve Fraga 1999).

Fosfor çözücü bakterilerin toprakta yararlı formdaki fosforu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürmeleri, salgıladıkları organik asitler ve enzimler sayesinde olmaktadır. Özellikle *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burkholderia* cinslerine bağlı olan bu bakterilerin ürettikleri organik asitler yardımı ile inorganik fosforu, fosfataz enzimleri yardımıyla da organik fosforu alınabilir hale getirme yeteneğinde oldukları bilinmektedir (Rodriguez ve Fraga 1999). Yapılan bazı çalışmalar bu bakterilerin büyük bir kısmının bitkinin kök ve yakın çevresinde (rizosfer) bulunduğunu, indol asetik asit ve antibiyotik gibi metabolitler üreterek bitki gelişimini teşvik ettiklerini ve bununla birlikte bitki hastalıklarına karşı da biyokontrol ajanı olarak görev aldıklarını göstermektedir (Vassilev vd 2006).

Fosfor çözücü bakterilerin topraktaki ve bitki üzerindeki etkileri hakkında yapılmış çalışmaların geçmişi yakın tarihlere dayanmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğunda fosfor çözücü bakterilerin toprakta yararlı formdaki fosforu çözmeleri ve bitkiler tarafından alınabilir forma getirmeleri üzerinde durulmuştur. Fosfor çözücü bakterilerin enzim aktivitesi ve bakteri sayısı gibi toprağın biyolojik özellikleri üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar ise kısıtlıdır. Fosfor çözen bakterileri içeren preparatların bölgemiz topraklarında bitki gelişimi ve verimi üzerine olan etkileri konusunda herhangi bir bilimsel çalışma da mevcut değildir. Dolayısıyla ülkemizde bu preparatların ticari olarak satışı yapılmasına rağmen bir bilgi eksikliği yaşanmaktadır. Yapılan bu çalışmada, toprağa uygulanan ve içerisinde *Paenibacillus* türü fosfor çözücü bakteri bulunduran bir mikrobiyal gübrenin topraktaki bazı biyolojik ve kimyasal parametreler üzerine olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Ayrıca yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi üzerine etkilerinin saptanması amacı ile bitki besin kapsamı ve verim değerleri incelenmiştir. Bu amaca yönelik olarak farklı dozlarda verilen fosforlu gübrelere ek olarak fosfor çözücü bakterilerin ortama verildiği uygulamalar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ülkemizde ve dünyada ticari preparat olarak tarımda kullanılan faydalı bakteriler üzerine yapılmış bu tez çalışması ile konu hakkında daha detaylı bilgi sahibi olunması, bölgemiz toprak koşullarında bu tür preparatların bitki ve toprak üzerine olan etkileri hakkında bilgi eksikliğinin giderilmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER ve KAYNAK TARAMALARI

Kuramsal bilgiler ve kaynak taramaları başlığı altında, biyoteknoloji, toprakta gerçekleşen birçok biyolojik ve kimyasal reaksiyon üzerine olumlu etkilerde bulunan mikrobiyal gübreler ve bu gübrelerin toprağın yanı sıra bitki gelişimi, verim ve benzer parametrelerin üzerine olan etkilerinden bahsedilecek ve bu alanda yapılan çalışmalara değinilecektir.

2.1. Biyoteknoloji

Tarımsal üretimde yüksek verime giden yolda girdi gereksinimlerinin azaltılması ve maliyetlerinin en aza indirilmesi büyük öneme sahiptir. Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi tehdit eden sorunların (beslenme ve koruma) çözümünde ise mikrobiyal temelli biyoteknolojik yöntem ve ürünler alternatif olarak sunulmaktadır. Bu nedenle biyoteknoloji alanında yapılan çalışmalar, hastalıklara dayanıklı bitki türlerinin geliştirilerek pestisit tüketiminin azaltılmasına ve bitki besin maddesi gereksinimi düşük bitki türleri geliştirilerek gübre tüketiminin azaltılmasına doğru yönelmiştir. Bu amaçla kullanılan mikroorganizmaların, topraktaki bitki kalıntılarının ve organik atıkların parçalanması, biyolojik azot fiksasyonu, kaya veya mineral fosfat bileşiklerinin parçalanması, bitki büyüme hormonlarının üretimi, bitki patojenlerinin kontrolü ve besin elementlerinin bitkiler tarafından alımının teşvik edilmesi üzerine önemli etkilerinin olduğu yapılan Ar-Ge çalışmaları ile belirlenmektedir. Bu çalışmaların yanı sıra biyoteknoloji alanında bitkilerin beslenmeleri üzerine yapılan çalışmalar iki yönde odaklanmıştır. Bunlar bitki köklerinin absorpsiyon yeteneklerinin artırılması ve biyolojik gübrelemedir (Karaçal ve Tükenkçi 2010).

2.1.1. Mikrobiyal gübreler

Mikrobiyal gübre (biyolojik gübre), tohumu, bitki yüzeyine ya da toprağa uygulandığında rizosferde kolonize olan veya bitki dokularına giren, atmosferik azotu fikse eden, toprak fosforunu ve diğer bitki besin elementlerinin alımını ve bitkisel gelişmeyi arttıran canlı, saf veya karışık mikroorganizma formülasyonudur (Çakmakçı 2014). 29 Mart 2014 tarihli 28956 sayılı resmi gazetede yayınlanan Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın "Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik" kapsamında mikrobiyal gübrenin tanımı "bitki için gerekli olan besin maddelerinin sağlanmasında rol oynayan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonlarıdır" şeklindedir (Anonim, 2014).

Mikrobiyal gübrelerin bitki gelişimi ile ilgili olarak en belirgin özellikleri simbiyotik ve simbiyotik olmayan azot fiksasyonu, bitki besin elementlerinin kullanılabilir hale getirilmesi, toprak kökenli hastalıkların biyolojik kontrolü ve bitki gelişimini uyarıcı maddelerin salgılanmasıdır. Toprakta serbest yaşayan, bitki gelişimini teşvik eden, bitkilerin patojenik mikroorganizmaları kontrol altına almasına yardımcı olan ve biyolojik gübre olarak da kullanılabilen bakteriler "Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rizobakteriler" veya PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) olarak isimlendirilirler. Bu bakterilerin bu ismi alabilmeleri için gerekli üç esas özelliğe sahip olmaları gerekmektedir (Ahemad ve Khan 2011). Bu özellikler:

- Mutlaka kök bölgesinde kolonize olmak,
- Kök ile ilişkide olan diğer mikrohabitat içerisinde etkin yayılabilme, bitki gelişimi ve korumasını arttırmada etkin olabilme,
- Bitki gelişimini teşvik edebilme

Başta bakteriler olmak üzere, mantar, alg gibi mikroorganizmalar mikrobiyal gübre olarak tarımsal üretimde değerlendirilmektedir. Ancak mikrobiyal gübre kullanımında karşılaşılan iki büyük güçlükten söz etmek gerekmektedir. Bunlardan birincisi, gübrelerin uygun koşullarda saklanamaması durumunda canlılıklarını kaybetmeleri ve gübrenin işlevini yerine getirememesidir. İkincisi ise, toprak koşullarının uygulanan canlılar için elverişli olmaması halinde gübrenin etkisinin istenilen düzeye ulaşamamasıdır. Bu nedenle mikrobiyal gübrelerin özel saklama koşullarına dikkat edilmeli ve uygulanan toprakların nem, organik madde, pH gibi mikroorganizma yaşamını etkileyen özellikleri kontrol edilmelidir. Böylece doğal ekosistem oluşturularak yapılan uygulamanın etki süresi uzatılır ve mikroorganizmaların etkinlikleri kendiliğinden gelişebilir (Karaçal ve Tükenkçi 2010).

Mikrobiyal gübreler üzerinde yapılan çoğu araştırma genel olarak *Serratia*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Agrobacterium*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Micrococcus* bakterileri ile *Aspergillus* ve *Penicillium* funguslarını içermektedir (Katırcıoğlu 2014). Bu genuslar arasında özellikle *Pseudomonas* ve *Bacillus*'lar bitki gelişimini uyarıcı etkilerinin yanı sıra patojenler açısından çok iyi antagonistik özelliklere sahip olmaları nedeniyle dikkat çekmektedir (Aşkın vd 2014). Bunun yanında bazı *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Trichoderma* funguslarının biyolojik gübre olarak kullanımı üzerine yoğun araştırmalar yapılmakta ve olumlu sonuçlar alınmaktadır (Altın ve Bora 2005). Bu fungusların Avrupa'da mikrobiyal gübre olarak tescillendiği de bilinmektedir. Yapılan araştırmalara göre günümüzde tüm dünyada biyogübreleme ile bitkilere yapılan azot desteğinin topraktaki toplam azot miktarının yaklaşık %65'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Katırcıoğlu 2014). Buradan da anlaşılabileceği gibi biyolojik gübrelerin sürdürülebilir tarıma olan yadsınamaz katkısı görülmeli ve kullanımı arttırılmalıdır.

2.1.2. Mikrobiyal gübrelerin faydaları ve etki şekilleri

Günümüzde gübre ve aşılama materyali olarak tarımda kullanılan mikroorganizmaların tanınırlığı giderek artmakta ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bitki ile ortak yaşam gösteren ya da toprakta serbest halde yaşayan mikroorganizmalardan oluşan mikrobiyal gübreler organik ve konvansiyonel tarımda kullanılan organik ve mineral gübrelerin bitki tarafından etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak optimum ürün elde edilmesinde önem kazanmaktadır.

Mikrobiyal gübrelerin etki mekanizmalarını doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür (Aşkın vd 2014):

Doğrudan;

- Havadaki serbest azotun bağlanması,
- Farklı bitki hormonlarının sentezi,
- Minerallerin çözünmesi,
- Bitkilerde hormon seviyelerini ayarlayan enzimlerin veya çevreden besin maddesi alımını kolaylaştıran bileşiklerin sağlanması

Dolaylı olarak ise;

- Patojen için yararı olan demirin üretilen sideroforlar yardımıyla sınırlandırılması,
- Antibiyotiklerin üretimi,
- Bitkide sistemik dayanıklılığın uyarılması,
- Antifungal metabolitlerin üretimi
- Besin ve yer için rekabet yoluyla patojenlerin önlenmesi

2.1.3. Mikrobiyal gübrelerin mevzuattaki yeri

Şu anda kullanılmakta olan gübrelerin uygunluk değerlendirmesi 29 Mart 2014 tarihli 28956 sayılı resmi gazetede yayınlanan “Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik” kapsamında Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’nca yapılmaktadır. Bu yönetmeliğin “Mikrobiyal Gübre” ile ilgili değerlendirmeleri ise aynı yönetmelikte EK-5’e göre yapılmaktadır (Çizelge 2.1). Diğer tescil işlemleri, ağır metal sınır değerleri, mineral madde toleransları ve analiz metotları yönetmelikte geçen diğer ürün grupları ile aynıdır.

Toprakta serbest yaşayan ve bitkiler üzerinde PGPR (bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler) etkisi yaratan kimi mikroorganizmalar farklı formülasyonlarla ticarileşmişlerdir (Çizelge 2.2). Bu ürünlerin çoğunu bitkiler üzerinde dolaylı olarak PGPR etkisinde bulunan biyokontrol ajanları oluşturmaktadır (Chet ve Chernin 2002, Glick vd 1999).

Çizelge 2.1. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı, İhracatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmelik EK-5

No	Ürünün Tip İsmi	Mikrobiyal Gübrenin Tanımı	Ürünün İçeriği	Ürüne ait pH ve diğer istenen Bilgiler	Etiket Üzerinde Beyan edilmesi zorunlu içerik 1
1	Mikroorganizma İçeren Gübre	Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri ile ilgili hayati faaliyetlerini yürütebilmeleri için gerekli olan besin elementlerinin sağlanmasında rol oynayan mikroorganizmaların ticari formülasyonlarıdır.	-Bakteriler, algler ve/veya funguslardan oluşur. Bakteriler için: Canlı organizma sayısı kob/gr veya kob/ml) Diğer organizmalar için: Klorofil a, Kuru hücre ağırlığı (gr/kg veya gr/L) Misel ağırlığı (gr/kg veya gr/L) Spor sayısı (adet/gr veya adet/ml)	* Mikroorga nizma için gerekli pH ve sıcaklık değerleri - Organizma tür isimleri -Etkenlik deneme raporu -Yapraktan uygulaması durumunda buna ait patojen testi dahil uygulanabil irlik raporu -Kullanılan organizman ın canlılığını muhafaza edebildiği depolama şartları (sıcaklık, nem vb.)	- Kullanılan mikroorga nizma/mik roorganiz maların isimleri -Canlı mikroorga nizma miktarı - Kullanılan mikroorga nizmanın canlılığını muhafaza edebildiği uygun depolama şartları (sıcaklık, nem, ışık ve süresi) -Kullanım zamanı, dozu ve şekli -Ürünün çalıştığı toprak pH' sı toprak sıcaklığı ve toprak yapısını

*Bitki gelişim düzenleyicisi ve bitki koruma ifadeleri kullanılmayacaktır.

Çizelge 2.2. PGPR bakterilerini içeren ticari ürünler (Chet ve Chernin 2002, Glick vd 1999)

Bakteriyel İçerik	Ürün (Ticari İsim)	Bitki (Ruhsatlı)
<i>Agrobacterium radiobacter</i>	Diegall Nogall Galltrol-A Norbac 84C	Meyve fidanları, tohum ve çöğür
<i>Azospirillum brasilense</i> <i>Azospirillum brasilense Cd</i> <i>Azospirillum lipoferum Br-17</i>	Azo-Green Zea-Nit	Çim ve Yem bitkileri Mısır
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> GB99 <i>Bacillus subtilis</i> CB122	Quantum 4000 Bio Yield™	Domates, biber, brokoli, süs bitkileri, kavun, marul vb.
<i>Bacillus subtilis</i>	Epic Histick NT Kodiak Rhizo-Plus Serenade Subtilex System 3	Arpa, fasulye, pamuk, baklagiller, pirinç, soya fasulyesi vb.
<i>Bulkholderia cepacia</i>	Blue Circle Deny Victus	Yonca, arpa, fasulye, ayçiçeği, mısır, sorgum, sebze ve buğday
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Blightban A506 Conquer Victus	Elma, kiraz, kültür mantarı, şeftali, badem, armut, çilek, patates, domates
<i>Pseudomonas syringae</i>	Bio-save 10	Narenciye, yumuşak çekirdekli meyveler
<i>Streptomyces griseovirdis</i> K61	Mycostop	Tarla, bahçe ve süs bitkileri

2.1.4. Mikrobiyal gübrelerin sınıflandırılması

Mikrobiyal gübreler mikroorganizma içeriklerine ve etki mekanizmalarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar (Li 2001).

Mikroorganizma içeriklerine göre:

- Bakteri İçerikli Gübreler (Nodül oluşturan ve azot fikse eden, fosfor çözen bakterileri içeren gübreler)
- Aktinomiset İçerikli Gübreler (Antibiyotik içeren gübreler)
- Mantar İçerikli Gübreler (Mycorrizal mantar içeren gübreler)

Etki mekanizmalarına göre mikrobiyal gübreler:

- Nodül oluşumu sağlayan bakteri içerikli gübreler
- Azot fikse eden bakteri içerikli gübreler
- Silikat minerallerini parçalayan bakteri içerikli gübreler
- Organik ve ingornik fosfatı parçalayan bakteri içerikli gübreler

Yaygın olarak kullanılan mikrobiyal gübre çeşitleri:

A-Nodül bakterileri içeren gübreler: Nodül bakterilerini içeren gübreler dünyada olduğu gibi ülkemizde de uzun zamandır kullanılan gübrelerdendir. Ülkemizde de Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü'nde (TGSKMAE) her baklagile özel (soya, bezelye, fasulye, bakla, fiğ, yonca, üçgül) *Rhizobium* koleksiyonu bulunmakta ve talebe göre üretilip üreticilere ulaştırılmaktadır (Anonim 2013). Nodül oluşturan gübre grubu içerisinde bitkiye elverişli atmosferik nitrojen formunu fikse eden ve baklagil köklerinde nodül oluşumunu sağlayan *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium* ve *Allorhizobium* türleri bulunmaktadır (Vance 1998, Graham ve Vance 2000).

B-Azot fikse eden bakteri içeren gübreler: *Azotobacter*, *Beijerinckia* ve *Clostridium* gibi herhangi bir bitki köküne ihtiyaç duymadan toprakta serbest yaşayan bakteriler atmosfer azotunu fikse etme yeteneğindedir (Benson ve Silvester 1993). Doğal olarak toprakta bulunan çeşitli *Azotobacter* türleri de mevcuttur ve fiksasyon için herhangi bir mevsimsel sınırlandırma yoktur. *Azotobacter*'lerin bağladığı azot miktarı *Rhizobium* türlerine göre genel olarak daha düşüktür (Li ve Zhang 2001).

C-Silikat minerallerini parçalayan bakterileri içeren gübreler: “Bio-Potas Gübreleri” olarak da adlandırılan bu gübre grubunda genel olarak *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus circulans* ve *Bacillus macerans* gibi bakteri türleri yer alır. Bu türler çözücü ortam içerisinde bulunan çözünebilir potasyum minerallerini ayrıştırırlar ve potasyum eksikliği görülen topraklara uygulandıkları takdirde verime olumlu etki yaparlar (Xiong vd 1993, Peng ve Ye 1995). Bu bakteriler, ürettikleri mikrobiyal metabolitler ile rizosferde bitki gelişimine olumsuz etkide bulunan diğer mikroorganizmaların aktivitelerini engelleyerek rekabet ortamı sağlarlar ve bitki gelişimini teşvik ederek bitki besin elementlerinin alınımını kolaylaştırırlar (Li 2009).

D-Antibiyotik üreten bakterileri içeren gübreler: Antibiyotik üreten bu gübre grupları içerisinde genel olarak *Actinomyces microflavus* türüne ait suşlar (örneğin suş 5406) yer almaktadır. Bu türler özellikle Çin’de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu gübre türleri toprak verimliliği ve bitki gelişimi üzerine olan olumlu etkilerinin yanı sıra birçok hastalık üzerinde de etkilidirler (Wu ve Li 1994). Bunun yanında bazı *Bacillus* ve *Pseudomonas* türleri arasında bazıları PGPR bakterileri olarak tanımlanırlar (Schippers vd 1987).

E-Birden çok mikroorganizma içeren gübreler: Son yıllarda ülkemizde de tescillenen birden çok mikroorganizmayı içeren mikrobiyal gübreler geliştirilmiştir. Bu türlerin en önemli özelliği mikroorganizmalar arasında antagonistik bir etkinin olamaması gerekliliğidir. Birleşimlerine göre üç grupta toplanabilirler (Bilen 2014):

1-Karışık suş içeren aşılama materyalleri: Örneğin *Bacillus cereus*'un 3 farklı suşunun bir araya getirilerek kullanılması (Xu vd 1991).

2-Farklı bakteriler içeren aşılama materyalleri: Örneğin *Azotobacter* ile *Bacillus spp.*'nin bir araya getirilerek kullanılması (Higa 1996).

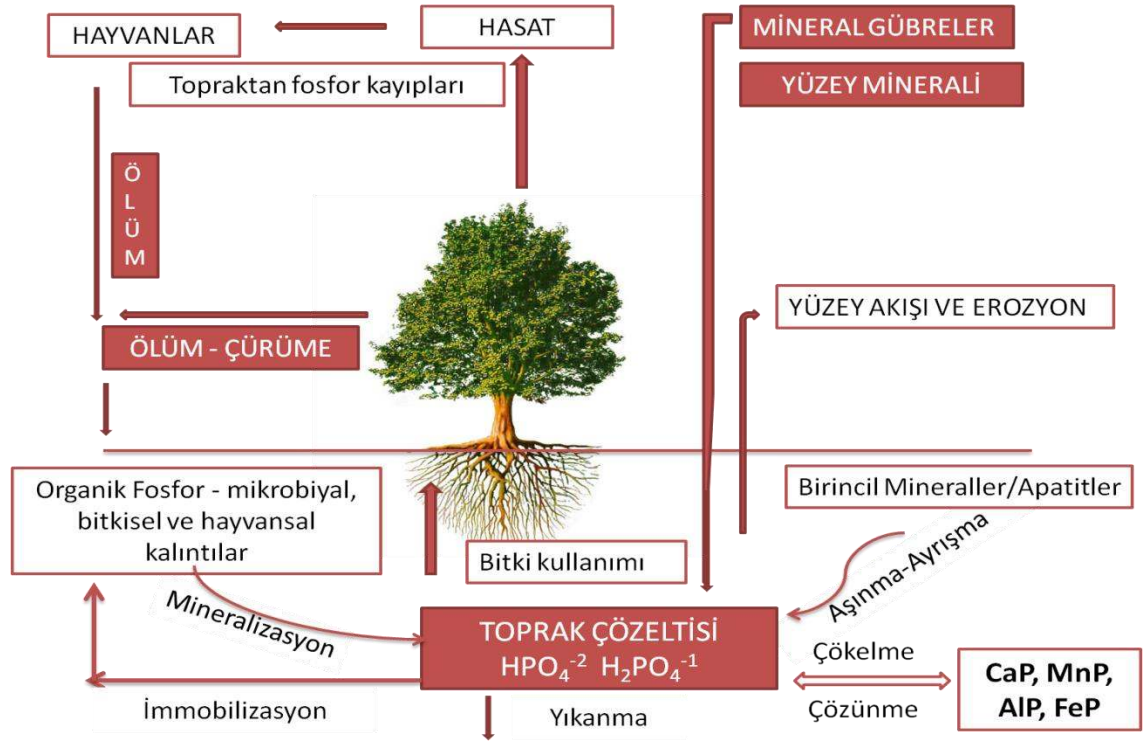
3-Kimyasal veya organik gübreler içeren bakteri türevleri: (Bio-aktif Birleşik Gübre) Yer kabuğunda nadiren bulunan elementleri, makro ve mikro elementleri ve organik atıkları içerir (Deng vd 1993, Yu vd 1998, Chen vd 1998).

F-Fosfat bakterileri içeren gübreler: Toprakta organik fosforun inorganik forma dönüşümü, inorganik fosfatın çözünmesi toprak kaynaklı bakteri, mantar ve aktinomisetlerin salgıladığı metabolitler ile olmaktadır. Fosfat bakterileri olarak *Bacillus spp.*, *Thiobacillus thiooxidans* türleri ve *Pseudomonas* ve *Atrhrobacter* cinsleri fosforu parçalayabilme yeteneğindedir (Ge ve Wu 1994).

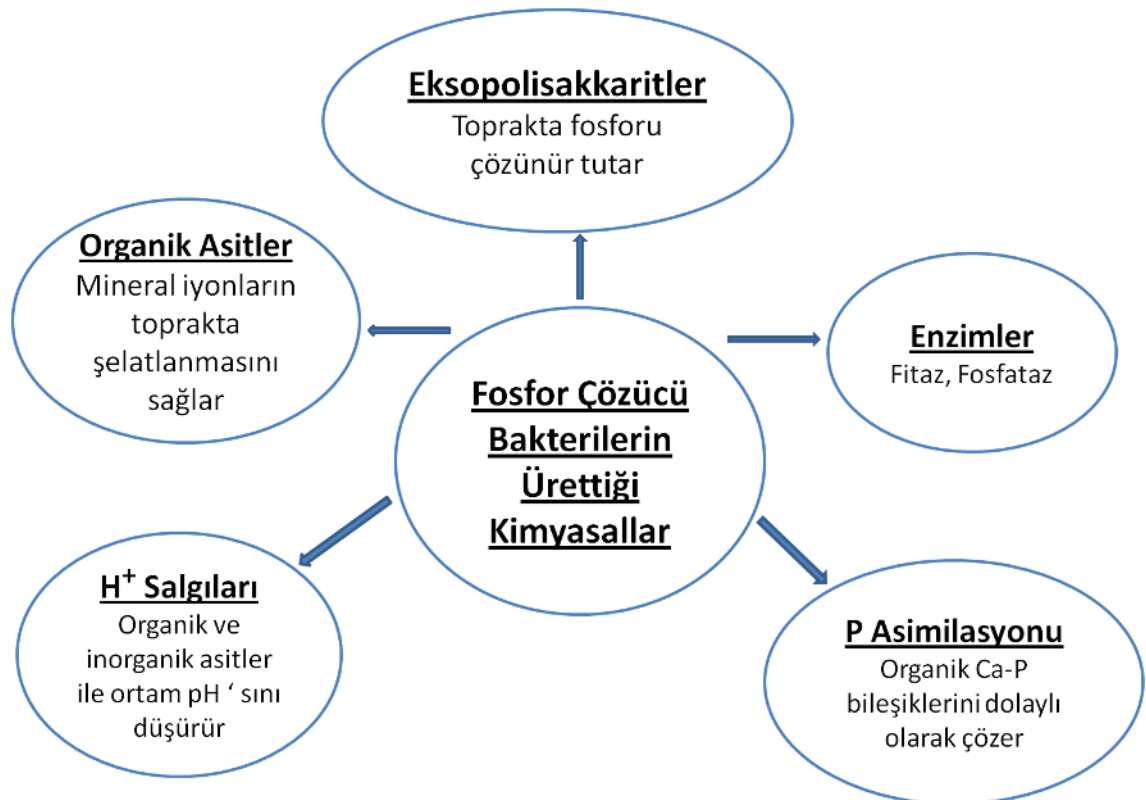
Fosfor toprakta bitki gelişimini sınırlayan temel elementlerden biridir ve organik ve inorganik formda bulunmaktadır. Organik formda bulunan fosfor toplam fosforun yaklaşık %20-80'ni oluşturmaktadır. Organik form humus, bitkisel, hayvansal ve mikrobiyal dokulardan oluşurken, geriye kalan inorganik form ise kimyevi gübreler ve ana kayanın ayrışması ve aşınması ile toprak çözeltisine geçmektedir (Ahemad ve Khan 2011) (Şekil 2.1). Fosfor topraklarda genellikle çözünmez formda olduğundan bitki gelişimi için alınabilir P yetersiz kalmaktadır. Düzenli olarak fosforlu gübreleme yapılsa da bitkilerin alım etkinliği düşük olmaktadır. Bitki kökleri veya mikroorganizmalarca asit veya alkalın fosfataz ve siderefor üretimi, organik anyonların salınması, toprak fosforunun hidrolizi, toprak organik fosforunun salınması veya organik atıklardan P ayrılması fosforu bitkilerde kullanılabilir kılmaktadır. Rizosferdeki bakteri toplulukları arasında *Pseudomonas* ve *Bacillus* türleri etkin fosfat çözücüler olarak öne çıkmaktadır. *Penicillium* ve *Aspergillus* fungusları ile birlikte *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Enterobacter* cinslerine ait bakteri türlerinin ve özellikle *Bacillus megaterium*, *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus sircalmous* ve *Pseudomonas striata* türleri en yaygın fosfat çözücülerdir (Çakmakçı 2014).

Tarım toprakları fosfor rezervi bakımından yüksek değerlere sahipken, bitkilere yarayışlı olan miktar çelişkili bir şekilde tüm bu rezervin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Topraktaki organik fosfordan faydalanamayan bitkiler fosforu sadece iki yarayışlı form olan monobazik ($H_2PO_4^-$) ve dibazik (HPO_4^{2-}) fosfat iyonları şeklinde alabilmektedirler (Okur 2014) (Şekil 2.1).

Fosfor çözücü bakteriler (PSB) başta fosfat çözücü glukonik asit olmak üzere organik asit salgıları ve çeşitli metabolitlerin rol aldığı, proton uzaklaşması gibi farklı mekanizmalar aracılığıyla inorganik ve organik P çözünürlüğünü ve alımını arttırarak, bitki gelişimini teşvik etmektedir (Khan vd 2006, Çakmakçı 2014) (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Fosforun topraktaki hareketi (Ahemad ve Khan 2011)



Şekil 2.2. Fosfor çözücü bakterilerin fosforu çözme mekanizmaları (Khan vd 2006)

Fosfat çözücü bakterileri içeren biyolojik gübrelerin etkinliğini belirleyen faktörler aşağıda verilmiştir (Çakmakçı ve Erdoğan 2005):

1. İnokulumun kalitesi
2. Bitki çeşidi
3. Kültür koşulları
4. Toprak özellikleri
5. Sıcaklık ve nem rejimi
6. Toprak yapısı
7. Aşılama ve uygulama tekniği
8. Kullanılabilir maddelerin alınabilirliği
9. Gübreleme düzeyi

Fosfor çözücü bakterilerin toprağa ve bitkilere aşılama ile bitki veriminin arttığı yapılan birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Fosfor çözücü bakteriler ortam pH'sını düşürerek, iyonları şelatlayarak ve bitki büyüme düzenleyici hormonlar salgılayarak bitki gelişimini ve dolayısı ile verimi olumlu yönde etkilerler (Cunningham ve Kuiack 1992, Yadav ve Dadarwal 1997). Fosfor çözücü bakterilerin bitki gelişim düzenleyici metabolitlerine indolasetik asit, giberilin, sitokinin ve etilen, patojenlere karşı etkili olan bileşiklere ise glukonaz ve kitinaz gibi enzimler, antibiyotikler ve siyanür örnek olarak verilebilir (Sharma vd 2012).

Mikroorganizmaların topraktaki etkinlikleri ve bitkiler üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Domates bitkisinde Turan vd (2007) tarafından yapılan bir araştırmada fosfat çözücü bakterilerden *Bacillus* FS-3'ün sera koşullarında domatesin fosfor içeriği, büyüme performansı ve topraktaki fosfor formları üzerine etkileri araştırılmıştır. Fosfor çözücü bakterinin uygulanması ile bitkiler için elverişli formdaki fosfor miktarı artmıştır. Ayrıca bakteri uygulaması ile domates bitkisinin sürgün ve kök kuru ağırlıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda fosfor çözücü bakterilerden FS-3'ün, toprakta inorganik formdaki fosforu çözerek elverişli fosfor miktarını arttırdığı ve dolayısıyla organik ve sürdürülebilir tarımda biyogübre olarak kullanılabilecek bir potansiyele sahip olduğu gösterilmiştir.

Azotu fikse eden ve fosforu çözerek bitki gelişimini teşvik eden bazı bakteri türlerinin arpa gelişimine etkisi Şahin vd (2010) tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmalarda biyolojik gübre olarak kullanılabilecek onbir farklı bakteri suşunun arpa gelişimi üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bakteri aşılama çalışmalarının, arpa bitkisinde erken gelişme döneminde gövde ağırlığı, bitki yüksekliği, kök uzunluğu ve toplam kök sayısını etkilediği görülmüştür. Bakterilerin bitki gelişimine etkisi aşılama yapılan bakteri ırkı ve değerlendirilen parametrelere bağlı olarak değişmiştir. Araştırma sonuçları *Bacillus megaterium*, *Arthrobacter agilis*, *Arthrobacter viscosus*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus pumilus* ve *Arthrobacter aureus* türlerine ait etkin izolatların organik ve sürdürülebilir tarımda biyolojik gübre olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Aslantaş vd (2007) tarafından yapılmış bir çalışmada bazı bitki gelişim düzenleyici bakteri ırklarının çilekte fide üretimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada bitkilerdeki kardeş sayısı, bitki başına kol sayısı, kol uzunluğu, kol kalınlığı,

bir koldaki fide sayısı, bitki başına fide sayısı, fide kalitesi ve kullanılabilir fide oranı bakımından bakteri uygulamalarının kontrole göre çok önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda çilekte bitki gelişimini teşvik ederek kontrole göre önemli artışlar sağlayan bu bakteri ırklarının biyogübre olarak kullanımları önerilmiştir.

Karlıdağ vd (2009) tarafından yapılan başka bir çalışmada bitki rizosferinden izole edilmiş, tanısı yapılmış, morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal testlerle özellikleri ortaya konulmuş olan fosfor çözücü özelliğe sahip olan üç bakteri izolatının (*Bacillus sphaericus* GC subgroup B EY30, *Staphylococcus kloosii* EY37 ve *Kocuria erythromyxa* EY43) çilek yetiştiriciliğinde biyogübre olarak kullanımı incelenmiştir. Denemede kullanılan bakterilerin çilekte yaş ve kuru yaprak ve kök ağırlığını artırdığı saptanmıştır. Yine söz konusu bakterilerin gerek kök gerekse yaprakta besin maddesi içeriğini artırdığı tespit edilmiştir. Araştırma sonunda bu bakterilerin biyogübre olarak kullanılabileceği ancak bunların etkinliklerinin tarla denemeleri ile de desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Fındık bitkisine uygulanan bitki büyümesini teşvik eden bazı bakterilerin bitkide gelişim ve yapraktaki besin elementi içeriklerine olan etkileri Ertürk vd (2009) tarafından araştırılmıştır. Bakteri uygulamaları ile elde edilen vejetatif gelişime ait verilerin, kontrole göre istatistikî olarak farklı olduğu ortaya konmuştur.

Elmada meyve tutumu, meyve özellikleri ve bitki gelişimi üzerine bazı bakteri ırklarının etkileri Karakurt (2006) tarafından araştırılmıştır. Araştırmada *Agrobacterium rubi* A-18, *Bacillus subtilis* OSU-142, *Burkholderia gladioli* OSU-7 ve *Pseudomonas putida* BA-8 bakteri ırkları kullanılmıştır. Vejetatif özellikler açısından bakteri uygulamalarının elmada yıllık sürgün sayısı ile kalınlığı ve yaprak alanında artışa neden olduğu saptanmıştır.

Çay bitkisinde Çakmakçı vd (2012) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay bitkisinin rizosfer bölgesinden azot fiksasyonu ve fosfor çözme gibi özellikleri saptanan bakteriler izole edilmiş ve biyolojik gübre olarak geliştirilmesi amacıyla bir araştırma yürütülmüştür. İzole edilen bakterilerden yüksek etkinlik gösterenlerin çay gelişimini ve yaprak verimini, kullanılan mineral gübrelemeye eşit veya daha fazla artırabileceği görülmüştür. Araştırmada test edilen bakterilerin, kimyasal gübre gereksinimini azaltabildiği, organik ve iyileştirilmiş tarım uygulamalarında biyolojik gübre olarak kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

Pamuk bitkisinde Özyılmaz ve Benlioğlu (2012) tarafında yapılan bir çalışmada fosfor çözücü bakterilerin pamuk bitkisinin gelişimine ve *Verticillium* solgunluğuna olan etkileri araştırılmıştır. Organik veya inorganik fosforu bitkiler için elverişli forma dönüştürme potansiyeline sahip, çeşitli kültür bitkilerinin rizosferinden izole edilen *Burkholderia cepacia* ve *Pseudomonas fluorescens* izolatlarının fosfor alınımlarını önemli derecede artırdığı ve bitki kuru ağırlığında artış sağladığı belirlenmiştir.

Çizelge 2.3'de farklı yetiştirme ortamlarında bazı kültür bitkilerine uygulanan toprakta serbest yaşayan bitki gelişim düzenleyici bakterilerin bitkilerde yarattığı değişimler yer almaktadır (Lucy vd 2004).

Çizelge 2.3’de verilen çalışmalara ek olarak fosfor çözücü bakteriler ile mikoriza mantarlarının bir arada kullanıldığı birçok araştırma da bulunmaktadır. Kim vd (1998) tarafından yapılan bir çalışmada fosfor çözücü bakteriler ve arbüsküler mikorizaların domates bitkisinin gelişimi ve toprağın mikrobiyal aktivitesi üzerine olan etkileri araştırılmıştır. *Glomus etunicatum* türü mikoriza mantarı ile *Enterobacter agglomerans* türü fosfor çözücü bakteri birlikte çözünmez formdaki fosforu çözmek üzere inokulum halinde kullanılmıştır. Çeşitli kombinasyonlar ve tekli uygulamaların yapıldığı çalışma sonucunda tekli ve beraber uygulamaların tümünün bitki gelişimini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca rizosfer bölgesinde mikrobiyal biyokütle karbonu ve alkalın fosfataz enzim aktivitesinde de artış gözlenmiştir.

Zaki ve Radwan (2006) arbüsküler mikoriza ve fosfor çözücü bakterileri kombine olarak, tek başlarına ve ayrıca üç farklı dozda fosforlu mineral gübreler ile birlikte bakla bitkisine uygulamışlardır. Deneme sonunda toprakta fosfor ve mikro elementlerin yayılabilirliğinin ve dolayısı ile bakla bitkisi tarafından topraktan fosfor ve mikro elementlerin alınımının arttığı görülmüştür.

Yosefi vd (2011) bitkiler için yayılabilir fosforun düşük olduğu, kireçli toprak koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinde fosfor çözücü bakteriler ile arbüsküler mikoriza mantarlarını kombine olarak uygulamışlardır. Deneme sonucunda sürgünlerdeki kuru madde oranı, başaktaki dane sayısı ve dane verimi bakımından kontrole kıyasla daha yüksek değerler tespit edilmiştir.

Mikrobiyal gübrelerin toprakların yayılabilir besin maddesi kapsamlarına, bitki gelişimi ve beslenmesi üzerine etkileri hakkında birçok çalışma mevcut iken bu preparatların toprak enzim aktivitesi ve mikroorganizma varlığı gibi toprak verimliliğinin önemli göstergelerinden olan biyolojik parametreler üzerine etkileri konusunda yapılan çalışmalar ise çok kısıtlıdır.

Üreaz enzimi, topraklara çeşitli yollarla (bitkisel artıklar, hayvan dışkıları, gübreler vb.) ulaşan ürenin hidrolizini sağlayan ekstraselüler bir enzimdir. Bu enzim toprak mikroorganizmaları tarafından üreyi parçalamak amacıyla üretildikten sonra toprakta tutulur (kil ve organik madde tarafından) ve mikroorganizma hücrelerine bağlı kalmadan faaliyetini devam ettirebilir. Toprakların üreaz enzim aktivitesinin organik madde, tekstür, pH, KDK gibi önemli toprak özellikleri ile önemli ilişki içerisinde bulunduğu, toprağa ilave edilen organik atıkların üreaz aktivitesini arttırdığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Burns 1978).

Çizelge 2.3. Farklı bitki türlerinde serbest yaşayan bitki gelişim düzenleyici bakterilerin etkileri

Bakteri	Bitki	Yetiştirme Ortamı	Bitkideki Etki	Kaynak
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> IN937 <i>Bacillus pumilis</i> INR7, SE34 <i>Bacillus subtilis</i> GB03 <i>Bacillus cereus</i> C4	Domates Biber	Tarla	İki yetiştirime döneminde istatistiksel olarak bitki gelişimini artırarak yaprak yüzey genişliği, kök ağırlığı, sürgün ve yaprak sayısını artırmıştır.	Kokalis-Burelle vd 2002
<i>Enterobacter cloacae</i> CAL3	Domates, biber, fasulye	Sera	Özellikle domatese dışarıdan mineral gübre verilmeden, Tüm bitkilerde tohum gelişimi olumlu etkilenmiş Erken tohum uyarımı gerçekleşmiştir.	Mayak vd 2001
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 63-28, R17-FP2, QP5, R15-A4	Domates	Sera	Meyve verimi %5.6-9.4 arasında artış göstermiştir Toplam verim %18.2 artmıştır.	Gagné vd 1993
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 63-49, 63-28, 15 <i>Pseudomonas corrugata</i> 13 <i>Serratia plymthica</i> R1GC4	Hıyar	Tarla	Suş 63-49 uygulamasında meyve sayısı %12, meyve ağırlığı %18 artmıştır. Suş 13,15, R1GC4 verimi arttırmışlardır. 63-49, 63-28 suşları ve <i>Pythium</i> enfekteli bitkilerde verim %18 artmıştır.	McCullough vd 2001
<i>Pseudomonas putida</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Enterobacter aerogenes</i> <i>Enterobacter agglomerans</i> <i>Bacillus cereus</i>	Hıyar	İn-vitro ve Sera	<i>Pythium</i> enfekteli bitkilerde birçok suş kök uzunluğunu arttırmıştır. <i>B. subtilis</i> Sera koşullarında bitki ağırlığını %29, verimi %14, meyve sayısını %50 arttırmıştır.	Uthede vd 1999

Fosfatazlar, topraktaki fosfor döngüsünde anahtar rol alan enzimlerdir. Fosfataz aktivitesindeki değişimler, topraktaki fosforlu substratların kalite ve miktarında meydana gelen değişimlerin bir göstergesi olduğu gibi, toprağın biyolojik durumunun da iyi bir göstergesi kabul edilirler (Pramanik vd 2007). Organik fosfor bileşiklerinin ayrışmasında çeşitli enzimler görev almaktadırlar. Fosfor ester bağlarını hidrolize eden

bu enzimler genel olarak fosfatazlar olarak adlandırılırlar. Toprakta fosfataz aktivitesi topraktaki organik madde (Kiss vd 1974, Nannipieri vd 1973, Jordan ve Kremer 1994, Aon ve Colaneri 2001), toplam azot (Speir ve Ross 1978, Aon ve Colaneri 2001) ve toprağın organik ve inorganik fosfor içeriği (Gavrilova vd 1973, Sarapatka 2003) ile yakından ilişkilidir.

β -glukosidaz enzimi, topraklarda organik madde dekompozisyonu ve özellikle selülozun parçalanma sürecinde görev alan ve toprak verimliliği açısından önem taşıyan ekstraselüler bir enzimdir. β -glukosidaz (EC 3.2.1.21), sellobiaz olarak da isimlendirilir. Bitkisel polisakkaritlerin ana bileşeni olan selülozun hidrolizinden sorumlu olan hidrolaz sınıfı enzimlerden biridir. Selüloz, β -1,4 glikozidik bağ ile bağlı glikoz monomerlerinden oluşur. Selülozun hidrolizi selülozu daha küçük birimlere parçalayan endo β -1,4 glukonaz (EC 3.1.2.4) ile bağlatılır. β glukosidaz, sellobiozun iki molekül glukozu hidrolizini katalizleyerek selülozun parçalanma sürecini tamamlar. Bu hidroliz ile sellobiozu kullanamayan mikroorganizmalar için kullanılabilir karbon kaynağı olan glukoz ortama verilmiş olur. Bu nedenle β -glukosidaz selülozun hidrolizinde hız sınırlayıcı bir faktördür (Karaköse 2011).

Tamer ve Karaca (2004), kömürlü leonardit, humuslu leonardit ve ham linyitin toprağın azot, karbon, fosfor ve kükürt döngülerinde görev alan enzim aktiviteleri (üreaz, β -glikosidaz, alkalın fosfataz ve aryl-sülfataz) ile ekstrakte edilebilir kadmiyum (Cd), pH, EC, kireç ve organik madde kapsamı üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, her üç materyalin uygulandığı topraklarda belirlenen enzim aktiviteleri doza ve zamana bağlı olarak artış göstermiştir. Üç materyal de artan doza bağlı olarak toprağın organik madde miktarlarını kontrol topraklarına göre artırmıştır. Toprakların organik madde kapsamı ile enzim aktiviteleri arasında önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Özdemir vd (2000), farklı organik atıkların toprakların üreaz aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlar ve 3 aylık inkübasyon süresi sonunda tütün fabrikası atığı, çeltik sapı, fiğ ve tavuk gübresinin üreaz enzim aktivitesini önemli düzeyde artırdığını belirlemişlerdir.

Okur ve Çengel (1995), bazı organik materyallerin alüviyal toprakta mikrobiyolojik yolla topraklara yararlılık derecelerini saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada prina, karasu ve cibre ile çöp fabrikası ürünü olan çöp gübresinin toprak solunumu, proteaz ve β -glukosidaz enzim aktiviteleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, denemiş oldukları 4 farklı organik atık maddeden cibrenin topraklarda mikrobiyal solunum ve enzim aktivitesi üzerinde bir artışa sebep olduğunu ve tarım topraklarında organik madde kaynağı olarak değerlendirilebileceğini belirtmişlerdir.

Laic vd (2002), toprakta C, N, P ve S döngüleri ile ilişkili olan toprak enzim aktiviteleri (β -glukosidaz, L-asparginaz, üreaz, amidaz, asit fosfataz, fosfodiesteraz, aryl-sülfataz ve dehidrogenaz) üzerine çeşitli gübre materyallerinin etkilerini araştırmışlardır. Pirinç-mısır rotasyon ürün sistemi ile yürütülen denemede organik gübreler tek başlarına ve azot ile kombine edilerek verilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar kompost + 1/3 kimyasal N ve kompost + 2/3 kimyasal N içeren gübre uygulamalarında sekiz toprak enzim aktivitesinin de en yüksek değerlere ulaştığını göstermiştir. Ayrıca araştırılan enzimler ile organik C, toplam ve yarıyışlı N arasında önemli korelasyonlar bulunmuştur.

Tiwari (1996), Hindistan’da organik gübre ve N, P, K ile gübrelemenin topraktaki enzim aktivitesi ile mikrobiyal popülasyon üzerine etkisini incelemiştir. Organik gübre ile kombine edilmiş inorganik N, P, K gübre uygulamalarının enzim aktivitesi ve mikrobiyal popülasyon üzerinde daha etkili olduğunu saptamışlardır. Sonuç olarak ise inorganik N, P, K gübrelemesinden en yüksek faydayı sağlamak için organik gübre katkısı gerektiği sonucuna varmışlardır.

Toptaş (2005) organik madde kapsamı yüksek olan farklı iki organik substratın (tütün tozu ile mantar kompostu) toprağın fosfataz enzim aktivitesi ile fosfor mineralizasyonu, toplam fosfor, yarıyışlı fosfor, pH, EC, organik madde kapsamı üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, mantar kompostu ve tütün tozunun % 4 ve % 8’lik uygulamalarıyla en yüksek asit ve alkali fosfataz aktivite değerleri elde edilmiş, kontrol toprağı da dahil olmak üzere her iki materyalinde uygulandığı toprakta alkali fosfataz enzim aktivitesi zamana bağlı olarak azalış göstermiştir.

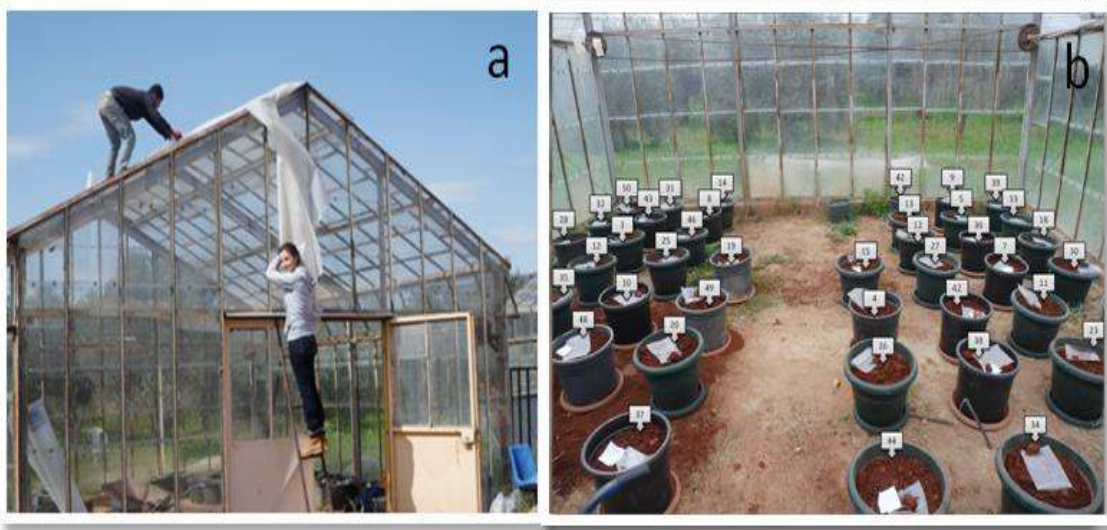
Tropik iklimlerde yetiştirilen ve endüstride hammadde olarak da kullanılan kassava bitkisinde yapılan bir çalışmada (Hridya ve Byju 2014), sekiz farklı türde mikrobiyal gübre (*Azospirillum*, Mikoriza ve fosfor çözücü bakteriler), NPK gübreleri ve biyokontrol ajanları (*Trichoderma* ve *Pseudomonas fluorescens*) çeşitli kombinasyonlarda uygulanmış ve toprakların kimyasal, biyokimyasal ve bazı biyolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda *Azospirillum*+mikoriza uygulanan alanda üreaz aktivitesinin diğer uygulamalara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. ½ NPK+*Trichoderma*+Mikoriza uygulamasının ise dehidrogenaz ve β-glukosidaz aktivitesini diğer uygulamalara göre belirgin bir oranda artırdığı tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve METOT

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyaller ile saksı denemeleri ve laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu araştırma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü' ne ait cam serada yürütülmüştür. Sera koşullarında 22 litrelik saksılarda Şimşek F1 domates (*Solanum lycopersicum* L.) çeşidi yetiştirilmiştir (Şekil 3.1). Sera ortamında gerçekleştirilen deneme toplam 50 saksıdan oluşmaktadır (10 konu x 5 tekrür) ve her saksıda bir bitki olacak şekilde toplamda 50 bitki üzerinde çalışılmıştır.



Şekil 3.1. a)Araştırmanın yürütüldüğü deneme serası
b) 22 litrelik saksılar

3.1.1. Toprak materyali

Denemede kullanılan toprak materyali Akdeniz Üniversitesi Kampüsünde daha önce herhangi bir yetiştiricilik yapılmamış bir araziden temin edilmiştir.

Deneme toprağının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre denemede kullanılan toprak; killi tın bünyeye sahip, alkali reaksiyonlu, tuzsuz, çok kireçli ve organik maddece fakir sınıfta yer almaktadır. Değişebilir K ve Ca elementlerince zengin, toplam N ve alınabilir Mg, Mn ve Cu elementleri miktarları ise yeterli düzeydedir. Alınabilir Zn bakımından orta sınıfta iken alınabilir P ve Fe elementlerince fakir olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan toprak örneğinin bazı kimyasal özellikleri

Parametre	Metod	Sonuç	Değerlendirme
Bünye	Bouyoucos	-	Killi Tın
pH	1:2,5	8.1	Alkali reaksiyon
EC (µS/cm)	1:2,5	0.014	Tuzsuz
Kireç (%)	Scheibler	17.7	Çok kireçli
Organik Madde (%)	Walkley-Black	1.7	Az
Toplam N (%)	Kjeldahl	0.129	İyi
Alınabilir P (kg P₂O₅/da)	Olsen-Spektro	1.9	Çok az
Değişebilir K (kg K₂O/da)	A.Asetat-ICP	76.5	Yüksek
Değişebilir Ca (kg CaO/da)	A.Asetat-ICP	2012.2	Fazla
Değişebilir Mg (kg MgO/da)	A.Asetat-ICP	56.8	İyi
Alınabilir Fe (ppm)	DTPA-ICP	1.8	Eksik
Alınabilir Mn (ppm)	DTPA-ICP	6.05	Yeterli
Alınabilir Zn (ppm)	DTPA-ICP	0.58	Orta
Alınabilir Cu (ppm)	DTPA-ICP	0.85	Yeterli

3.1.2. Mikrobiyal gübre

Araştırmada kullanılan mikrobiyal gübre Antalya Bioglobal (A.Ş.) firmasına ait Phosfert ticari isimli, mikrobiyal gübre tescilli, organik tarım sertifikasına sahip bir mikrobiyal gübredir. Ürün Hindistan menşelidir. Gübrenin analiz raporu ve Malzeme Güvenlik Bilgi Formunda yer alan bazı bilgileri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Fosforu çözebilen gram pozitif olan *Bacillus* türü bakteriler, mezofilik, aerobik ve heterotrofturlar. Bu bakteriler 30-45 °C’de optimum gelişme gösterirler ve çevresel şartlara adaptasyonları çok yüksektir. Toprak reaksiyonu olarak optimum aralık pH 5-8 iken pH 2-11 arasında gelişim gösterebilirler (Todar 2008).

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan mikrobiyal gübrenin bazı özellikleri

İçerik	Toplam Yaşayan Mikroorganizma	pH	Renk	Koku	Saklama Koşulu
<i>Azotobacter chroococcum</i> <i>Azotobacter vinelandii</i> <i>Paenibacillus polymyxa</i> (<i>Bacillus polymyxa</i>)	1X10 ⁷ cfu/g	6.5 ± 1	Açık Bej	Kokusuz	0-35 °C

Toprakta serbest olarak yaşayabilen *Azotobacter* türü bakteriler mezofilik, gram negatif ve aerobiktirler. Azot döngüsünde önemli bir role sahiptirler. Bu bakteriler 20-30 °C'de ve pH 7.0-7.5 optimum gelişme gösterirken pH 4.8-8.5 aralığında da gelişim gösterirler (Tejera vd 2005).

3.2. Metot

3.2.1. Denemenin kurulması

Araştırma saksı denemesi şeklinde yürütülmüş olup 1 cm'lik elekten geçirilen topraklar 22 litrelik saksılara konulmuştur. Araştırmada test bitkisi olarak bölgemizde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan Şimşek F1 domates (*Solanum lycopersicum* L.) çeşidi kullanılmış ve fidelikten temin edilen hazır fideler saksılara dikilmiştir. Saksıların sera içerisindeki dizilişi Şekil 3.2.'de verilmiştir.

GÜNEY	BATI									KUZAY
	P50-4	P0+B-4	P75+B-4				P25+B-4	P75-1	PR+B-5	
	P75-3	P0-5	P25-3				P0+B-3	PR-3	P75-2	
	P25+B-3	P75+B-1	P50-1				P50+B-3	P0-3	PR+B-1	
	P50+B-5	P0+B-2	P50+B-2	PR-1		P25-5	P25+B-4	P50-5	P25-2	
	PR+B-2	P25-1	PR-2	PR+B-4		P0-4	P0+B-5	P75-5	P25+B-2	
	P0-2	P50-3	P75+B-3	P25+B-5		P50+B-1	PR+B-3	P0+B-1	P50-2	
	PR+B-5	P25+B-1	P75-4	P75+B-2		PR-4	P75+B-5	P50+B-4	P0-1	
GİRİŞ										

Şekil 3.2. Deneme saksılarının seradaki konumları

Deneme saksılarına 0, 25, 50, 75 ve 192.52 ppm P olacak şekilde 4 farklı dozda DAP (DiAmonyum Fosfat) gübresi uygulaması yapılmış ve deneme 5 tekrerrür olacak şekilde toplam 50 saksı ile tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Deneme konuları ve içerikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme konuları

Uygulama No	Fosfor (ppm)	Bakteri (B)	Uygulama	Kısaltma
1	0	-	0 ppm fosfor	P0
2	0	+	0 ppm fosfor+bakteri	P0+B
3	25	-	25 ppm fosfor	P25
4	25	+	25 ppm fosfor+bakteri	P25+B
5	50	-	50 ppm fosfor	P50
6	50	+	50 ppm fosfor+bakteri	P50+B
7	75	-	75 ppm fosfor	P75
8	75	+	75 ppm fosfor+bakteri	P75+B
9	192.52	-	Rutin fosfor	PR
10	192.52	+	Rutin fosfor+bakteri	PR+B

Saksılara toprak doldurma işlemi sırasında toprak analiz raporunun gübre programı esas alınarak taban gübrelemesi yapılmıştır (Çizelge 3.4). Gübreler saksılara homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Deneme konularından P25, P25+B, P50, P50+B, P75 ve P75+B uygulamalarına fosforlu gübre uygulamasının tamamı taban gübresi olarak verilmiştir. Geriye kalan P0, P0+B kontrol uygulamalarına taban gübresi içerisinde fosfor verilmemiştir. Deneme toprağının analiz sonuçlarına göre ve domates bitkisinin ihtiyaç duyduğu rutin fosfor miktarı 192.52 ppm olup PR kısaltması ile tabloda verilmiştir. PR ve PR+B uygulamalarına taban gübresi olarak verilen fosfora ilave olarak yetiştirme dönemi boyunca fosfor desteği verilmiştir. Domates fidelerinin dikimi bölgemiz ikinci sezon dikim zamanına paralel olarak 8 Mart 2013 tarihinde yapılmıştır. Hazırlanan her saksıya bir adet domates fidesi dikilmiş ve can suyu verilmiştir. Deneme toprağına herhangi bir organik gübre kaynağı uygulanmamıştır.

Negatif kontrol uygulamaları olan P0 ve P0+B uygulamalarına deneme süresince fosforlu gübre uygulaması yapılmamıştır. Pozitif kontrol uygulamaları olan PR ve PR+B uygulamalarına ise 5 farklı dönemde uygulanan diğer gübreler ile birlikte fosfor uygulanmıştır. Domates bitkisine yetiştiricilik dönemi boyunca Amonyum Nitrat (AN, %33 N), Potasyum Nitrat (KNO₃, %13 N ve %46 K₂O), Mono Amonyum Fosfat (MAP, %12 N ve %61 P₂O₅), 20-20-0, Di Amonyum Fosfat (DAP, %18 N ve %46 P₂O₅) ve Magnezyum Sülfat (MgSO₄, %10 Mg ve % 14 S) gübreleri uygulanmıştır. Deneme konularına ait gübreleme programı Çizelge 3.5’ de verilmiştir. Yetiştirme dönemi içerisinde Çizelge 3.5’ de verilen değerler dikkate alınarak toplam 5 kez gübreleme yapılmıştır. Bu gübrelere ek olarak mikro element içerikli yaprak gübresi uygulanmıştır.

Çizelge 3.4. Saksılara uygulanan taban gübreleri ve miktarları

Deneme Konuları	Taban Gübreleri g/ saksı
P0	6.82 g AN
P0+B	6.82 g AN (%33 N)
P25	3.75 g 20-20-0 + 4.5 g AN
P25+B	3.75 g 20-20-0 + 4.5 g AN
P50	7.5 g 20-20-0 + 2.27 g AN
P50+B	7.5 g 20-20-0 + 2.27 g AN
P75	11.25 g 20-20-0
P75+B	11.25 g 20-20-0
PR	22.50 g DAP (%18 N, %46 P ₂ O ₅) + 6.9 g 20-20-0
PR+B	22.50 g DAP+ 6.9 g 20-20-0

Çizelge 3.5. Deneme konularına ait uygulanan gübreleme programı

Deneme Konuları	Uygulanan Gübreler
P0	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P0+B	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P25	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P25+B	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P50	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P50+B	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P75	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
P75+B	0.7 g AN + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
PR	0.5 g AN + 0.5 g MAP + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı
PR+B	0.5 g AN + 0.5 g MAP + 0.5 g KNO ₃ + 0.5 g MgSO ₄ / saksı

Çizelge 3.6. Deneme süresince yapraktan uygulanan mikroelement içerikli gübrenin etiket bilgileri

Garanti Edilen İçerik	w/w
Suda Çözünür Bor (B)	%1.5
Suda Çözünür Bakır (Cu) (EDTA)	%0.6
Suda Çözünür Demir (Fe) (EDTA)	%4.0
Suda Çözünür Mangan (Mn) (EDTA)	%3
Suda Çözünür Molibden (Mo)	%0.05
Suda Çözünür Çinko (Zn) (EDTA)	%4
Toplam Azot (N)	%5
Suda Çözünür Potasyum Oksit (K ₂ O)	%14.7
Suda Çözünür Magnezyum Oksit (MgO)	%1.2
Suda Çözünür Kükürt Trioksit (SO ₃)	%3

Yaprak gübresi olarak tüm deneme konularına Çizelge 3.6.'da etiket bilgileri yer alan mikro element içerikli katı gübre yapraktan toplamda 3 kez 100g/ 100 litre dozunda uygulanmıştır. Uygulamalar bitkide gözlenen noksanlık belirtileri dikkate alınarak yapılmıştır.

Bakteri uygulanacak her bir saksı için (P0+B, P25+B, P50+B, P75+B ve PR+B) toz şeklindeki mikrobiyal gübre 0.1 g/saksı dozunda 22 ml su ile karıştırılarak nemli toprağa uygulanmıştır (Şekil 3.3). Uygulanan mikrobiyal gübrenin içeriği çizelge 3.2' de verilmiştir. Mikrobiyal gübrenin etkinliğini azaltmaması açısından firma tavsiyesi olan bazı uyarılar dikkate alınmıştır. Buna göre uygulama akşamüzeri saat 17:00'de yapılmış, sera içerisindeki yüksek hava sıcaklığının ve güneş ışınlarının olumsuz etkilerinden bakteriler korunmuştur. Ayrıca bakteri solüsyonu hazırlamada şişe su (doğal kaynak suyu) kullanılmıştır. Böylelikle şebeke ya da kaynak suyundan gelebilecek bakteri canlılığını olumsuz etkileyecek kimyasallara karşı önlem alınmıştır. Bakteri uygulamasının hemen ardından saksı üzerine 0.5 kg toprak örtülmüş ve nem muhafaza edilmiştir. Uygulama dikimden iki gün sonra yapılmıştır.



Şekil 3.3. a) Fide dikimi
b) Bakteri uygulamaları

Deneme kurulmadan önce, Akdeniz Üniversitesi Kampüsü içerisinde daha önce yetiştiricilik yapılmamış alandan 1 kg toprak örneği alınarak hava kurusu hale gelene kadar bekletilmiştir. Kuruyan örnekler havanda ezilerek 2 mm'lik eleklerden elenmiş, rutin verim analizleri (bünje, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), %kireç, organik madde, toplam N, alınabilir P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu) yapılmıştır.

Dikim yapıldığı gün 0. hafta kabul edilerek, 1, 4, 13 ve 18. haftalar olmak üzere toplam 5 kez örnekleme yapılmıştır. Toprak örnekleri yüzeyden itibaren 0-15 cm derinliğinden, kök bölgesine yakın kısımlardan alınmış, köklerin zarar görmemesine özen gösterilmiştir (Adams 1974). Saksı topraklarının pH, EC, toprak nemi, alınabilir fosfor, üreaz, alkali fosfataz, β -glikosidaz ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizleri yapılmıştır. Ayrıca 18. haftada sökülen bitkilerin rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerinde pH, EC, toprak nemi, alınabilir fosfor, üreaz, alkali fosfataz, β -glikosidaz toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı analizleri tekrar edilmiştir.

Deneme süresince yapılan analizler için toprak örneği alınırken saksıyı temsil edecek şekilde örnekleme yapılmıştır. Toprakta yapılan biyolojik analizler ve bu

analizlerden elde edilen verilerin hesaplanmasında kullanılmak üzere yapılan toprak nemi analizleri için nemli toprak örnekleri buzdolabında +4° C muhafaza edilmiştir. Kimyasal analizler için ayrılan numuneler ise hava kuru hale getirilerek ve 2 mm'lik elekten elenerek muhafaza edilmiştir.

Vejetasyon dönemi ortasında domates bitkilerinden yaprak örnekleri Geraldson vd (1973) tarafından tarif edildiği şekilde bitkinin üstten itibaren 5. ya da 6. yapraklarından alınmıştır. Alınan yaprak örnekleri Kacar ve İnal (2008)'ın bildirdiği gibi analize hazır hale getirilmiştir. Yaprak örnekleri deneme süresince bir kez alınmış ve analize tabi tutulmuştur. Alınan yaprak örnekleri ile bitkinin toplam N,P,K, Mg, Na, Fe, Zn ve Cu içerikleri analiz edilmiştir.

Hasat edilen meyvelerde toplam verim (g bitki⁻¹), ortalama meyve ağırlığı (g adet⁻¹), ortalama meyve sayısı (adet bitki⁻¹) gibi verim parametreleri incelenmiştir. Bununla birlikte yetiştirme dönemi sonunda bitki kuru ağırlıkları (g bitki⁻¹) ve fosfor etkinlik düzeyleri (%) hesaplanmıştır.

8 Mart 2013 tarihinde dikilen domates bitkisine üç salkım verime kadar izin verilmiş, 13 Temmuz 2013 tarihinde son hasatları yapılmış ve 128 günlük yetiştirme dönemi tamamlanmıştır.

3.2.2. Laboratuvar çalışmalarında uygulanan yöntemler

3.2.2.1. Toprakta yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

A) Organik madde

Toprak örneğindeki organik madde oranları Walkley-Black yöntemine göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommers 1982). Sonuçlar % olarak hesaplandıktan sonra Thun vd (1955)'ne göre sınıflandırılmıştır.

B) Bünye ve kireç

Toprak örneklerinin bünye analizi Bouyoucos hidrometre yöntemine (Bouyoucos 1951) göre yapılmış toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957). Toprakta kireç (CaCO₃) ise Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiş ve sonuçlar % CaCO₃ olarak hesaplanmıştır (Çağlar, 1949).

C) Elektriksel iletkenlik ve pH

Toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 oranında toprak:su karışımında pH-metre (WTW-400) aleti ile ölçülmüş (Jackson, 1967), Kellog (1952)'a göre sınıflandırılmıştır. Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise yine 1:2.5 oranında toprak:su karışımında EC-metre (WTW-400) aleti ile belirlenmiş ve Soil Survey Staff (1951)'a göre sınıflandırılmıştır.

D) Toplam azot

Toprak örneklerindeki toplam azot içeriği Kjeldahl yöntemiyle tayin edilmiş (Kacar 1995) ve % olarak hesaplanmıştır.

E) Alınabilir fosfor

Toprak örneklerinin alınabilir fosfor konsantrasyonunun belirlenmesi için sodyum bikarbonat ekstraksiyonu uygulanmış ve ICP-OES (PE-Optima7000DV) cihazında konsantrasyonları belirlenerek sınıflandırılmıştır (Olsen ve Sommers, 1982).

F) Değişebilir Potasyum, Kalsiyum, Magnezyum ve Sodyum

Deneme toprağının ekstraksiyonunda 1 Normallik Amonyum Asetat (pH=7) metodu Kacar (1995) tarafından bildirildiği şekilde uygulanmıştır ve ekstraksiyondaki K, Ca, Mg ve Na konsantrasyonları ICP-OES (PE-Optima7000DV) cihazında belirlenmiştir. Potasyum sonucu Pizer'e (1967), kalsiyum ve magnezyum sonuçları Loue'ya (1968), sodyum sonucu Kacar'a (1995) göre sınıflandırılmıştır.

G) Mikro elementler

Toprakların alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu kapsamaları; örneklerin 0.005 M DTPA (Dietilen Triamin Penta Asetikası) ile muamele edilmesi sonucu elde edilen süzüklerde (Lindsay ve Norwell 1978) ICP-OES (PE-Optima7000DV) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2. Toprakta yapılan biyolojik analizler**A) Üreaz aktivitesi:**Kullanılan malzemeler:

- 5 g toprak örneği
- 0.2 ml Toluen (Merck 1.08323.2500)
- 1 ml 0.2 M üre çözeltisi (1.2 g üre 100 ml Tris tamponda çözölmüş)
- 9 ml THAM tampon çözeltisi (6.1 g Tris 0,2 M H₂SO₄ ile titre edilerek pH 9'a ayarlanmış ve son hacim saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmış)
- 35 ml KCl-Ag₂SO₄ (100 mg Ag₂SO₄ ve 188 g KCl 1000 ml'de çözölmüş)
- 5 ml borik asit-indikatör çözeltisi (40 g borik asit sıcak saf suda eritilir, soğuduktan sonra üzerine 40 ml indikatör çözelti ve 400 ml etanol ilave edilir. Çözeltinin rengi pembeden yeşile dönene kadar NaOH ile titre edilerek son hacim saf su ile 2000 ml'ye tamamlanır)
- 0.2 g magnezyum oksit

Analizin yapılışı:

Üreaz aktivitesinin belirlenmesi için 5 g toprak örneğine 0.2 ml tolue, 9 ml THAM tampon çözeltisi ve 1 ml 0.2 M'lık üre çözeltisi eklenerek 37°C'de 2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından topraklara yaklaşık 35 ml KCl-Ag₂SO₄ eklenerek aktivite durdurulmuş, üzerinde 30 ml işareti olan 50 ml'lik erlene 5 ml borik asit-indikatör çözeltisi ve azot tüpüne de 20 ml toprak çözeltisi ve 0.2 g magnezyum oksit ilave edilerek buhar destilasyonu ile toprak süspansiyonundaki amonyum azotu miktarı belirlenmiştir. Sonuçlar µg NH₄⁺-N g⁻¹ kuru toprak/saat⁻² cinsinden hesaplanmıştır (Tabatabai 1982).

B) Alkali fosfataz aktivitesi:Kullanılan malzemeler:

- 1 g toprak örneği
- 0.2 ml tolüen (Merck 1.08323.2500)
- 4 ml MUB (12.1 g Tris, 11.6 g maleik asit, 14.0 g sitrik asit ve 6.3 g borik asit 500 ml NaOH' te eritilir ve 0.1 M NaOH ile pH 11'e ayarlanarak son hacim saf su 1000 ml'ye tamamlanır)
- 1 ml p-nitrofenil fosfat (0.835 g PNP Fosfat 50 ml MUB çözeltisinde çözülür)
- 1 ml 0.5 M CaCl₂ (73.5 g kalsiyum klorür saf suda çözülür ve son hacim saf suyla 1000 ml'ye tamamlanır)
- 4 ml 0.5 M NaOH (20 g sodyum hidroksit saf suda eritilir ve son hacim saf suyla 1000 ml'ye tamamlanır)

Analizin yapılışı:

Alkali fosfataz aktivitesinin belirlenmesi için 1 g toprak örneğine 0.2 ml tolüen, 4 ml MUB ve substrat olarak aynı tamponla hazırlanmış 1 ml p-nitrofenil fosfat eklenmiştir. Toprak örnekleri 37°C'de 1 saat inkübe edilmiş, inkübasyonun ardından toprak örneklerine 1 ml 0.5 M CaCl₂ ve 4 ml 0.5 M NaOH eklenerek aktivite durdurulmuş ve toprak süspansiyonu katlı filtreden süzölmüştür (Şekil 3.4). Oluşan sarı renk yoğunluğu spektrofotometre yardımıyla 410 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Filtratın p-nitrofenol (PNP) içeriği saf p-nitrofenol ile (1 g p-nitrofenol 70 ml saf suda eritilip son hacim saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır) hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Sonuçlar µg PNP g⁻¹ kuru toprak/saat⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Tabatabai 1982).

C) β-Glukosidaz aktivitesi:Kullanılan malzemeler:

- 1 g toprak örneği
- 0.25 ml tolüen (Merck 1.08323.2500)
- 4 ml MUB (12.1 g Tris, 11.6 g maleik asit, 14.0 g sitrik asit ve 6.3 g borik asit 500 ml NaOH' te eritilir ve 0.1 M HCl ile pH 6'ya ayarlanarak son hacim saf su 1000 ml'ye tamamlanır)
- 1 ml PNG (p-nitrofenil-β-D-glukozit: 0.654 g β-D Glukozit 50 ml MUB çözeltisinde çözülerek hazırlanır)
- 1 ml 0.5 M CaCl₂ (73.5 g kalsiyum klorür saf suda çözülür ve son hacim saf suyla 1000 ml'ye tamamlanır)
- 4 ml 0.1 M THAM tampon çözeltisi (12.2 g Tris 1000 ml saf suda eritilir)

Analizin yapılışı:

β-glukosidaz aktivitesini belirlemek üzere 1 g toprak üzerine 0.25 ml tolüen, 4 ml MUB ve 1 ml PNG eklenmiştir. 37°C'de 1 saat inkübe edildikten sonra örnekler 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 dalga boyunda spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Filtratın p-nitrofenol (PNP) içeriği saf p-nitrofenol ile (1 g p-nitrofenol 70 ml saf suda eritilip son hacim saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır) hazırlanan kalibrasyon serisiyle karşılaştırılarak tespit edilmiştir. Sonuçlar $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Tabatabai 1982).



Şekil 3.4. Alkali fosfataz enzim analizi için süspansiyon hazırlığı

D) Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı:

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için her toprak örneğinden 5 g tartılıp 45 ml (-1 dilüsyonu) fizyolojik su içeren steril cam kapaklı şişeye ilave edilmiş bu şişeden 1 ml toprak çözeltisi alınıp içinde 9 ml fizyolojik su bulunan kapaklı cam tüpe aktarılmıştır. Elde edilen dilüsyondan 0.1ml alınarak petrilere ekim yapılmış, steril drigalski özeleri ile besiyeri üzerinde homojen dağılım sağlanmıştır. Yayma plak yöntemine göre hazırlanan dilüsyon serileri (bu serilerden petrilere -3, -4, -5, -6, -7, -8 dilüsyonları ekilmiştir.) 50 mg L⁻¹ antifungal (cycloheximide) içeren nutrient agarda (nutrient agar: 3 g beef ekstrakt, 5 g pepton, 15 g agar 1000 ml fizyolojik su içerir) 3 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübatörde Bu süre sonunda petri kaplarında koloni sayımları yapılmış ve 30-300 arası koloni içeren petrilere elde edilen değerler seyreltim faktörü yanında 10 ile çarpılarak (her petri kabına 0.1 ml ekim yapıldığından dolayı) kob g⁻¹ kuru toprak olarak hesaplanmıştır (Parkinson vd 1971).

3.2.2.3. Bitkide yapılan analizler

A) Yaprak analizleri

Yetiştirme dönemi ortasında bitkilerden alınan yaprak numuneleri 65-70 °C’de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Kurutulan bitki örnekleri çelik aksamli bitki öğütme değirmeninde öğütüldükten sonra analizlere hazır hale getirilmiştir. Analiz için hazırlanan yaprak örneklerinde toplam N, P, K, Ca, Mg ve Na, toplam Fe, Zn, Mn ve Cu miktarları tespit edilmiş, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Toplam P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Zn, Mn ve Cu miktarlarının tespiti için örneklerden 0.25 g tartılarak üzerine 9 ml HNO₃ (%65’lik) ve 3 ml HCl (%37’lik) eklenmiştir. Yakma işlemi hot plate üzerinde sıcaklık yavaş bir şekilde 200 °C’ye çıkartılarak tamamlanmıştır. Ön işlemde geçmiş bitki örneklerinde bu elementlerin toplam konsantrasyonları ICP-OES (PE-Optima7000DV) cihazında belirlenmiştir. Bitki örneklerinin toplam N miktarları modifiye Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır (Kacar ve İnal 2008).

B) Kuru madde verimi ve fosfor etkinlikleri

Deneme sonunda domates bitkisi saksıdan çıkarılmış, üst aksamı kök boğazından kesilerek parçalara ayrılmıştır (Şekil 3.5). Bitki yeşil aksamı 65-70 °C’de 48 saat boyunca sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulduktan sonra bitki başına kuru ağırlığın belirlenmesi için hassas terazide tartılmıştır. Bakterili ve bakterisiz P uygulamalarının P etkinlik düzeyleri Osborne ve Rengel’e (2002) göre [(Kontrol Bitkisi Kuru Ağırlığı (g)/ Farklı Dozlarda P uygulamalarının Kuru Ağırlığı (g) x100] şeklinde belirlenmiştir.



Şekil 3.5. a) Bitki sökülmesi
b) Bitkileri doğrama işlemi

C) Verim

Deneme sonunda hasat edilen meyvelerde uygulamalar arasındaki verim miktarları kıyaslanmıştır. Hasat edilen meyvelerin bitki başına düşen sayı (adet/bitki) ve ağırlıkları (g/bitki) (Şekil 3.6) her hasatta hesaplanarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6. Meyvelerinin hasat işlemi

3.2.3. İstatistiksel analiz

Çalışmada bakteri sayıları, pH, EC, alınabilir P ve enzim analizlerinden elde edilen sonuçlar SPSS 17.0 istatistik paket programı kullanılarak tekrarlı ölçüm analizi ile birlikte %5 önem seviyesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuştur. Toprakta ve yaprakta yapılan besin elementi ve verim analiz sonuçları ise aynı paket programda varyans analizi ile birlikte %5 önem seviyesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine tabi tutulmuştur. Ayrıca deneme sonunda elde edilen tüm veriler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

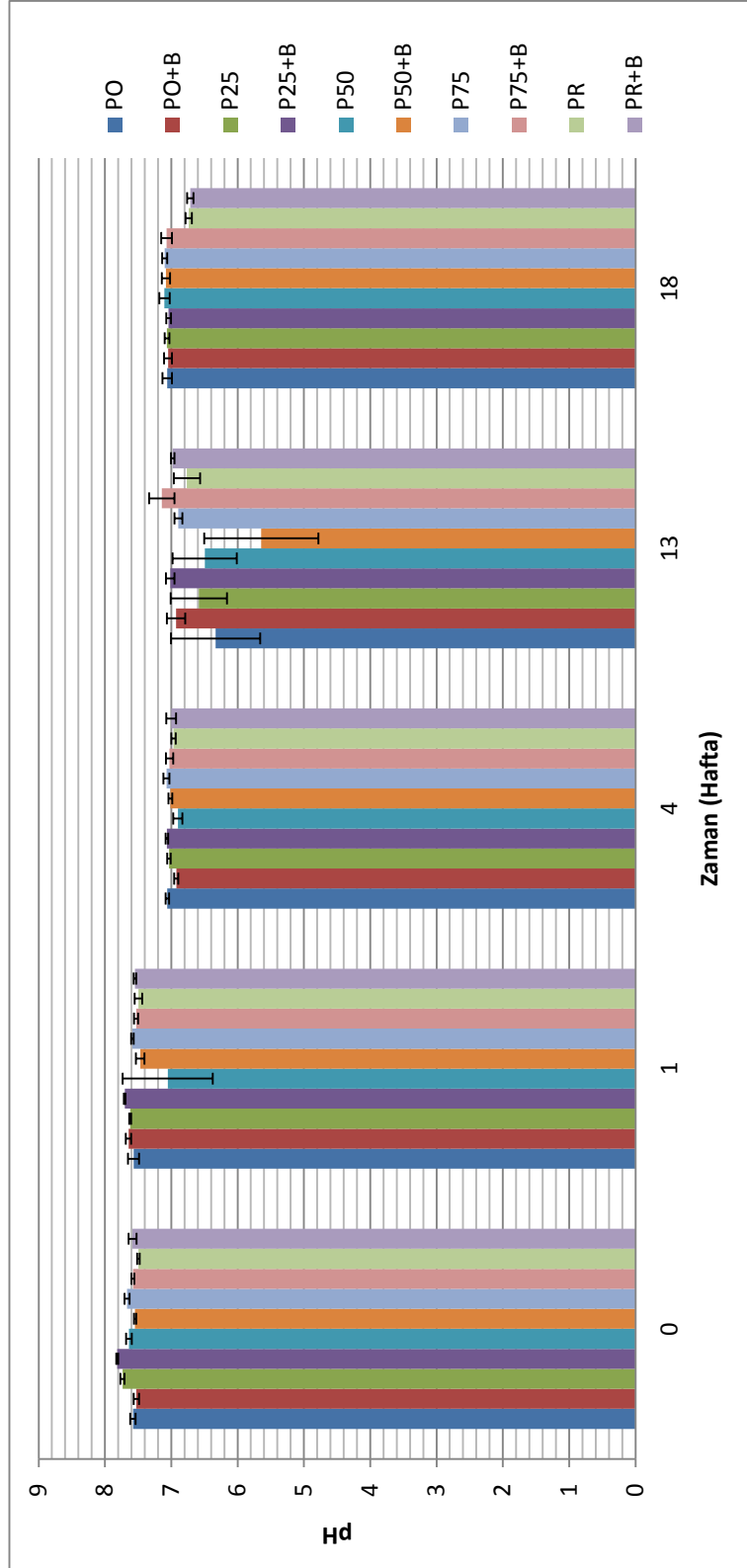
4.1. Domates Bitkisinin Gelişimi Süresince ve Sonunda Toprağın Bazı Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerindeki Değişimler

4.1.1. Toprakta pH

Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarına bağlı olarak toprakta elde edilen pH değerleri Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış saksılarda haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak pH değerlerinde bazı değişimler meydana gelmiştir. Ancak genel olarak, tüm gübre uygulamalarının toprak pH’sını benzer şekilde etkiledikleri anlaşılmaktadır.

Domates yetiştirilen saksılarda toprağın pH değerlerinde gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik incelenecek olursa; 0. haftada pH değerleri 7.49-7.73 olarak ölçülmüştür. Birinci haftada pH değerleri 7.05-7.70 arasında değişim göstermiş P50 uygulaması diğer uygulamalara göre pH değerini daha fazla düşürmüştür. Dördüncü haftada genel bir düşüş gözlenmiş ve pH değerleri 6.90-7.07 arasında değişkenlik göstermiştir. Uygulamalar arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. 13.haftada pH değerleri 5.64-7.14 arasında değişmiş ve P50+B uygulaması en düşük pH değerini vermiştir. Ancak bu değer istatistiksel olarak bir öneme sahip değildir (Çizelge 4.1). 18.haftada ise pH değerleri genel bir yükseliş eğilimi göstererek 6.71-7.10 aralığında değişmiştir. Uygulamalar arasında net bir farklılık gözlenmemiştir. Gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın pH’sı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Tüm uygulamaların haftalara bağlı pH değişiklikleri incelenecek olursa; negatif kontrol (P0) saksılarında pH değerleri 6.05-7.57 arasında, P0+B uygulanan saksılarda ise 6.18-7.64 arasında değiştirmiştir. Farklı dozlarda fosforlu gübre uygulamalarının pH değerleri ise P25 uygulanan saksılarda 5.78-7.73 arasında, P50 uygulanan saksılarda 5.62-7.63 arasında, P75 uygulanan saksılarda 5.76-7.66 arasında, pozitif kontrol PR uygulanan saksılarda ise 6.44-7.49 arasında değişmiştir. Bakteri uygulanmayan saksılarda en düşük pH değeri P50 uygulamasında ortaya çıkmıştır. Kimyasal gübreler ile birlikte bakteri uygulanan saksılarda ise pH değerleri; P25+B saksılarında 6.17-7.81, P50+B saksılarında 5.42-7.54, P75+B saksılarında 6.02-7.57 arasında, PR+B saksılarında ise 6.31-7.58 değerleri arasında değişmektedir. Bakteri uygulanan saksılarda ise P50+B uygulaması en düşük pH değerini vermiştir. Ancak bu değer istatistiksel olarak bir önem taşımamaktadır (Çizelge 4.1). Bununla birlikte, tüm gübre uygulamalarının haftalara bağlı ortalama değerleri dikkate alındığında istatistiki olarak toprağın pH’sı üzerine etkileri yine önemsiz olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.1.1. Domates yetiştirilen saksılarda toprak pH'sı değerlerindeki değişimler

Çizelge 4.1. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprak pH' ına etkisi

Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	7.57	7.56	7.06	6.33	7.06	7.12
P0+B	7.52	7.64	6.92	6.93	7.04	7.21
P25	7.73	7.62	7.03	6.58	7.06	7.20
P25+B	7.81	7.70	7.06	7.01	7.04	7.32
P50	7.63	7.05	6.90	6.49	7.10	7.03
P50+B	7.54	7.46	7.01	5.64	7.08	6.95
P75	7.66	7.58	7.07	6.89	7.10	7.26
P75+B	7.57	7.53	7.02	7.14	7.07	7.26
PR	7.49	7.49	6.96	6.76	6.73	7.09
PR+B	7.58	7.54	7.00	6.97	6.71	7.16
Ortalama	7.61a ¹	7.52a	7.00b	6.67c	7.00b	-
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	34.398*** ²					
Gübre	Ö.D. ³					
Hafta x Gübre	Ö.D.					

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

³ Ö.D. önemli değil.

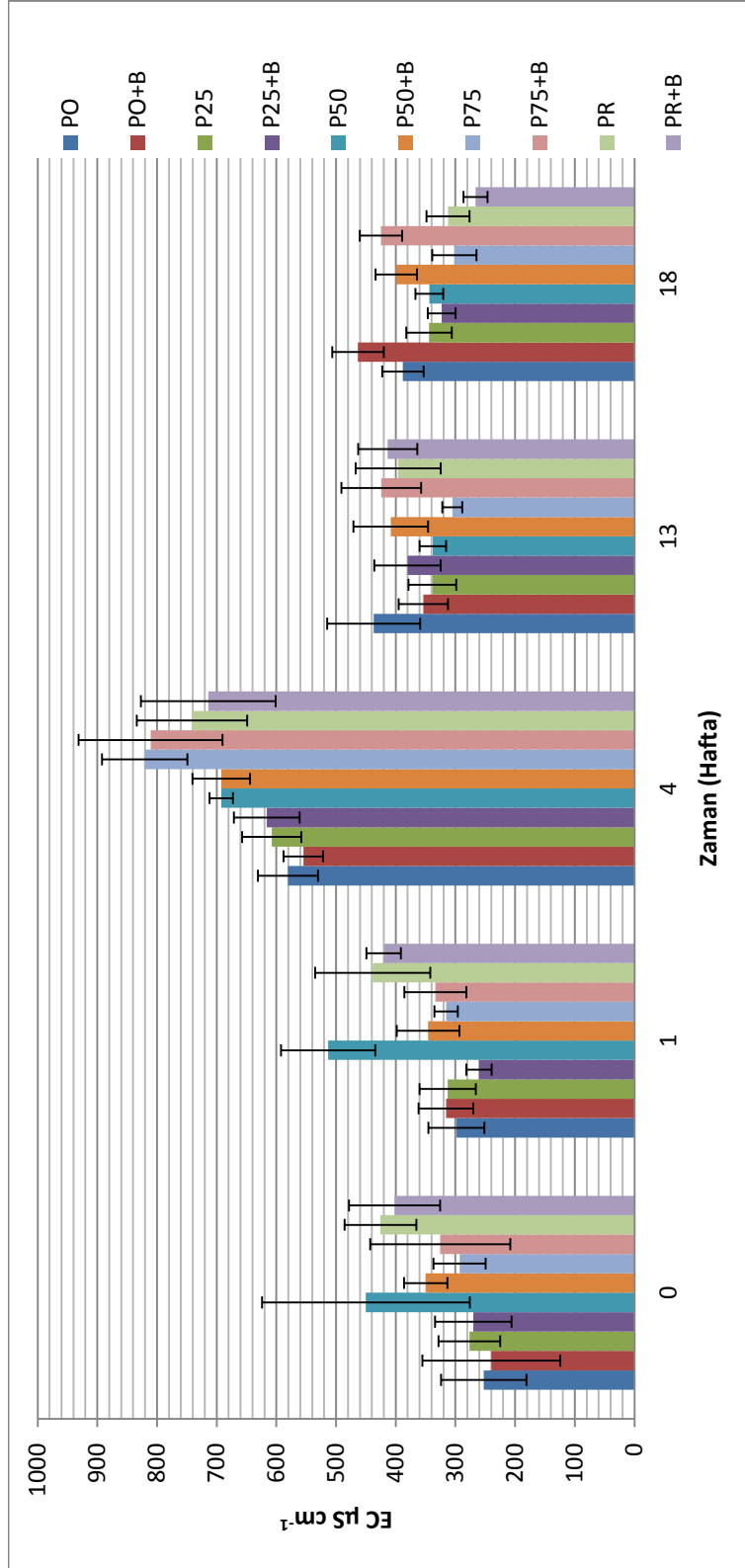
Toprak reaksiyonu (pH) topraklardaki tüm kimyasal, biyolojik ve fiziksel süreçler ile toprak özellikleri üzerinde pek çok önemli fonksiyona sahiptir. Yetiştirme ortamları toprak olan tüm yüksek bitkilerin ve mikroorganizmaların yaşam faaliyetleri üzerinde doğrudan ya da dolaylı etkisi söz konusudur. Mikrobiyal gübreler toprak pH'ına etki ederek bitkiler ve mikroorganizmaların yaşamlarında değişikliklere sebep olmaktadır. Fosfor çözücü bakteriler ortam pH'ını düşürerek, iyonları şelatlayarak ve bitki büyüme düzenleyici hormonlar salgılayarak bitki gelişimini ve verimini olumlu yönde etkilerler (Cunningham ve Kuiack 1992, Yadav ve Dadarwal 1997). Toprakta pH'nın bitki gelişimi üzerine etkisi, bitkilerin beslenmesiyle ilgilidir. Bitki besin elementlerinin yarıyışlılıkları pH tarafından belirlenmektedir. Bir çok kaynak domates yetiştiriciliği için en uygun toprak pH'sını 5.5-6.5 olarak bildirmektedir. Yapılan çalışmada uygulamaların toprak pH'ını benzer şekilde etkilediği ve görülen farklılıkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık başlangıç pH'ı 8.1 olan saksı toprağının en düşük değeri 13. haftada pH 5.64 ile P50+B uygulamasında olduğu görülmüştür. Turan vd (2007) domates bitkisinde yaptığı çalışmada fosfor çözücü bakteri uygulamalarının domates yetiştirilen deneme saksılarındaki toprak pH'ını düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada ise bakteri uygulamaları toprak pH'ını istatistiki olarak önemli düzeyde etkilememiştir. Mikroorganizmalar topraktaki organik madde miktarı ile doğru orantılı bir aktivite göstermektedir. Ancak çalışmada kullanılan toprağının organik madde miktarı ise %1.7'lik bir oranla ile mikroorganizma faaliyeti açısından düşük bir değerdir. Deneme toprağının organik maddece yetersiz oluşunun bakteri uygulamalarının pH değeri üzerine olan etkilerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

4.1.2. Elektriksel iletkenlik (EC)

Domates yetiştiriciliği yapılan saksılarda belli haftalarda alınan toprak örneklerinde ölçülen EC değerleri Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak EC değerlerinin değişkenlik gösterdiği izlenmiştir. Buna göre, 4. hafta itibari ile genel olarak tüm uygulamaların kontrole göre toprak EC’sini daha fazla arttırdığı ve 13. haftaya kadar geçen sürede genel bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, P75 ve P75+B uygulamalarında 4. haftada EC değerlerinin diğer uygulamalara göre daha yüksek değerleri verdiği belirlenmiştir.

Domates yetiştirilen saksılarda toprağın EC değerlerinde gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik göz önüne alınırsa; 0. haftada EC değerleri 239.20-450.00 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Birinci haftada EC değerleri 260.60-513.40 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişkenlik gösterirken en düşük değeri P25+B, en yüksek EC değerini ise P50 uygulaması vermiştir. Elektriksel iletkenlik değerlerinde 4. haftada genel bir artış gözlenmiş ve EC değerleri 554.80-820.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişirken P75 uygulaması (820.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$) en yüksek değeri vermiştir. Bu artış istatistiki olarak %0.1 düzeyinde önemli düzeydedir (Çizelge 4.2). EC değerleri 13 ve 18. haftalarda genel bir düşüş göstererek 13. haftada 305.20-437.00 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ve 18. haftada ise 266.20-463.20 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. Uygulamalar arasındaki farklar sayısal olarak bir değer taşısalar da istatistiksel olarak değerlendirildiğinde gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın EC’ si üzerine etkileri önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Saksılarda zamana bağlı olan değişkenlik göz önüne alındığında negatif kontrol (P0) topraklarında EC değerleri 252.60-580.60 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında, P0+B uygulanan topraklarda ise 239.80-554.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişmiştir. Bakteri uygulanmayan saksı topraklarının EC değerleri; P25 uygulanan saksılarda 276.60-607.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında, P50 uygulanan saksılarda 343.80-692.40 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ve P75 uygulanan saksılarda 293.00-820.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişmiştir. Bakteri ilavesi yapılan saksılarda ise toprağın EC değerleri; P25+B uygulamalarında saksılarda 260.60-616.00 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında, P50+B uygulanan saksılarda 345.60-692.20 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ve P75+B uygulanan saksılarda 325.40-810.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişmiştir. Pozitif kontrol PR saksılarında EC değerleri 312.40-741.60 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ve PR+B uygulanan saksılarda 266.20-714.00 $\mu\text{S cm}^{-1}$ değerleri arasında değişmiştir.



Şekil 4.2. Domates yetiştirilen saksılarda toprak EC'sinde meydana gelen değişimler

Çizelge 4.2. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın EC değeri üzerine etkisi ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	252.60	298.24	580.60	437.00	388.00	391.28
P0+B	239.80	315.80	554.80	353.60	463.20	385.44
P25	276.60	313.00	607.80	338.60	344.20	376.04
P25+B	270.00	260.60	616.00	380.20	323.00	369.96
P50	450.00	513.40	692.40	337.80	343.80	467.48
P50+B	349.80	345.60	692.20	408.40	399.20	439.04
P75	293.00	315.40	820.80	305.20	301.80	407.24
P75+B	325.40	333.80	810.80	424.20	424.80	463.80
PR	425.60	438.60	741.60	396.00	312.40	462.84
PR+B	402.00	420.20	714.00	413.40	266.20	443.16
Ortalama	328.48b ¹	355.46b	683.10a	379.44b	356.66b	
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	53.189*** ²					
Gübre	Ö.D. ³					
Hafta x Gübre	Ö.D.					

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

³Ö.D. önemli değil.

Toprakların fiziksel ve biyolojik özellikleri, genellikle kimyasal özellikleri ile yakın bir ilişki içerisindedir. Toprakta tuzluluk durumunun ifadesi olan elektriksel iletkenlik (EC) diğer toprak özelliklerini etkileyen önemli bir özelliktir. Sebzeler genel olarak tuza hassas bitkilerdir ve tuzlu topraklarda gerek tuzların toksik etkileri, gerek ozmotik basıncın artması nedeniyle bitki gelişimi ve mikroorganizma faaliyeti azalmaktadır.

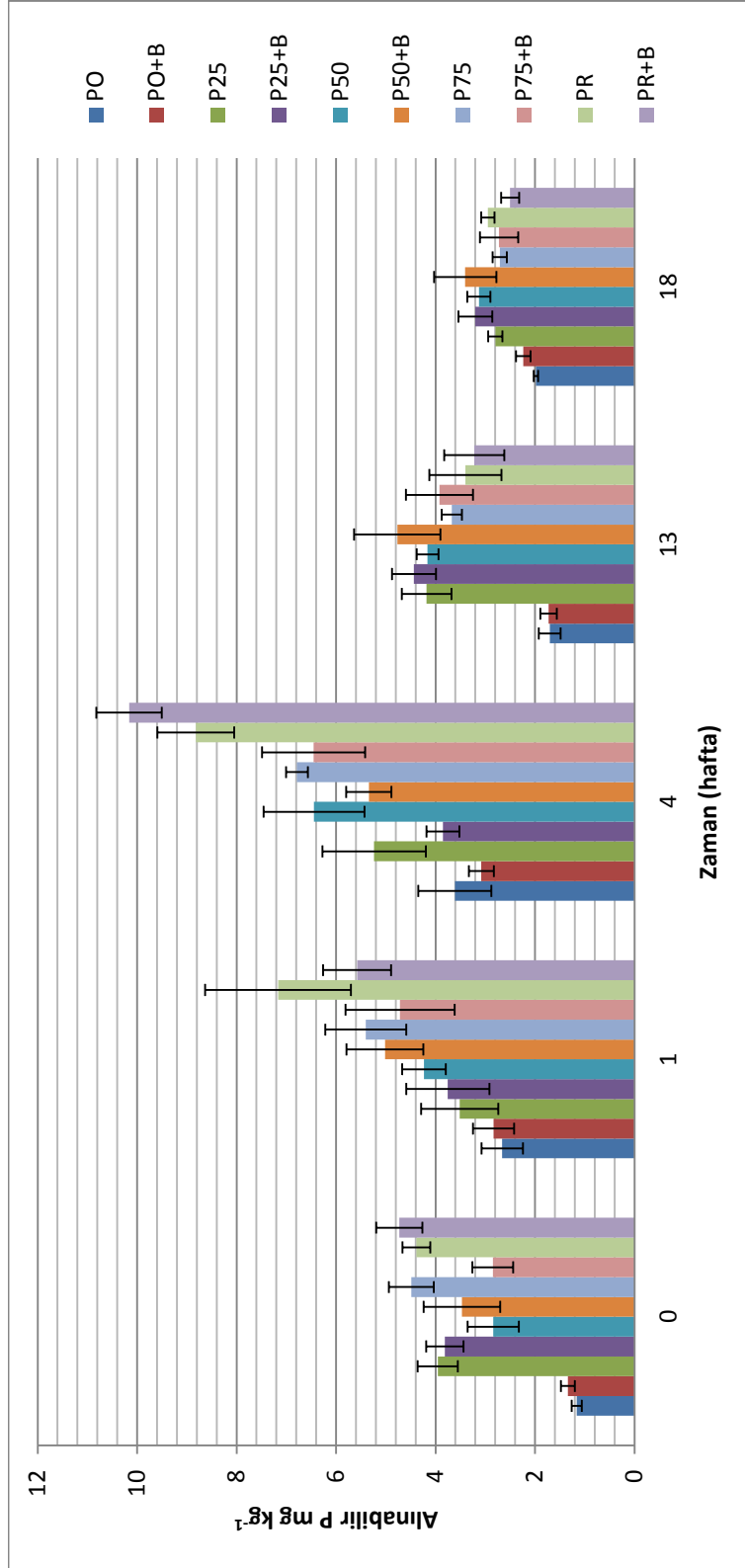
Özbek (1975), domates bitkilerinin tuzluluğa iyi derecede tolerans gösterdiğini belirtmektedir. Maas ve Hoffman (1977) ise domatesi orta derecede tuza duyarlı bitkiler grubuna almış ve verimde azalmaya neden olabilen EC değerini 2.5 mmhos/cm olarak rapor etmişlerdir. Güneş vd (2013) fosfat kayasının çözünürlüğü üzerine yaptıkları bir çalışmada çözelti ortamında beş farklı fosfor çözücü bakteri kullanmış ve EC üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda üç dönemde alınan örneklerde fosfor çözücü bakterilerin EC üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş (p<0.05) ve EC değerleri kontrole göre %137 oranında artış göstermiştir. Yapılan çalışmada gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak EC değerleri değişkenlik göstermiş, 4. haftada genel bir artış gözlenmiş, P75 uygulaması (820.80 $\mu\text{S cm}^{-1}$) en yüksek değeri vermiştir. Bu artış istatistiki olarak %0.1 düzeyinde önemli düzeyde olsa da gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın EC'si üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

4.1.3. Alınabilir P

Domates yetiştiriciliği yapılan saksılarda deneme boyunca belirlenen alınabilir P değerlerindeki değişim Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı alınabilir fosfor miktarlarının değişkenlik gösterdiği izlenmiştir. Nitekim PR ve PR+B uygulamaları (4. haftaya kadar) toprakta alınabilir P değerlerini diğer uygulamalara göre daha fazla arttırmışlardır. Toprağın alınabilir fosfor değerlerini arttırma/uyarma yönünden PR ve PR+B uygulamaları hariç tutularak incelenecek olursa ve özellikle 4. hafta dikkate alınırsa, mikrobiyal gübrenin dahil edilmediği gübre uygulamalarının, dahil edilen uygulamalara oranla az da olsa daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle P25 ve P50 uygulamalarında bu fark ayırt edilmektedir.

Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik göz önüne alınırsa; 0. haftada alınabilir P değerleri 1.16-4.72 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Birinci haftada alınabilir P değerleri 2.65-7.16 mg kg⁻¹ arasında ölçülmüş, en yüksek değerler bakterili uygulamalarda P50+B ve PR+B, bakterisiz uygulamalarda P75 ve PR uygulamaları vermiştir. 4. haftada genel bir artış gözlenmiş alınabilir P değerleri 3.07-10.16 mg kg⁻¹ arasında değişirken, PR+B en yüksek değeri vermiş, genel olarak bakterisiz uygulamalar bakterili uygulamalara oranla daha yüksek değerler ortaya çıkarmıştır. Alınabilir P değerleri 13 ve 18. haftada genel bir düşüş göstererek 13. haftada 1.70-4.76 mg kg⁻¹ arasında ve 18. haftada ise 1.98-3.40 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. 13 ve 18. haftalar arası en yüksek alınabilir P değerini P50+B uygulaması vermiştir. Gübre uygulamalarına bağlı ortalama alınabilir P değerlerindeki değişimin istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Domates yetiştirilen saksılarda zamana bağlı olan değişkenlik göz önüne alındığında negatif kontrol (P0) topraklarında alınabilir P değerleri 1.16-3.61 mg kg⁻¹ arasında ve P0+B uygulamasının 1.34-3.07 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmiştir. Gübre uygulanan deneme konularından P25 ve P25+B uygulamalarında topraklarda sırasıyla 2.79-5.23 ve 3.19-4.43 mg kg⁻¹ arasında değişirken P50 ve P50+B uygulanan toprakta sırasıyla 2.83-6.44 ve 3.40-5.34 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. P75 ve P75+B uygulanan toprakta sırasıyla 2.70-6.78 ve 2.72-6.44 mg kg⁻¹ arasında değişirken pozitif kontrol PR ve PR+B uygulanan topraklarda sırasıyla 2.94-8.81 ve 2.50-10.16 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. Buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın alınabilir P kapsamı üzerine etkileri istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5.). Uygulamalardan PR ve PR+B uygulamaları diğer uygulamalara oranla en yüksek alınabilir P ortalamasına (sırasıyla 5.34, 5.23 mg kg⁻¹) ulaşmıştır.



Şekil 4.3. Domates yetiştirilen saksı toprağının alınabilir P kapsamındaki değişimler

Çizelge 4.3. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın alınabilir P kapsamı üzerine etkisi (mg kg⁻¹)

Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	1.16	2.65	3.61	1.70	1.98	2.22c ¹
P0+B	1.34	2.83	3.07	1.72	2.23	2.24c
P25	3.95	3.51	5.23	4.17	2.79	3.93b
P25+B	3.81	3.75	3.85	4.43	3.19	3.81b
P50	2.83	4.23	6.44	4.16	3.12	4.15b
P50+B	3.47	5.01	5.34	4.76	3.40	4.40b
P75	4.48	5.40	6.78	3.67	2.70	4.61ab
P75+B	2.84	4.71	6.44	3.92	2.72	4.13b
PR	4.38	7.16	8.81	3.39	2.94	5.34a
PR+B	4.72	5.57	10.16	3.22	2.50	5.23a
Ortalama	3.30c ²	4.48b	5.97a	3.51c	2.76d	-
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	45.704*** ³					
Gübre	16.188***					
Hafta x Gübre	3.040***					

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

²Harflendirilen değerler haftaların ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

³***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

Yapılan bu çalışmada fosfor çözücü bakteri uygulanan saksılardaki alınabilir fosfor oranları bakteri uygulanmayan saksılara göre daha düşük çıkmıştır. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da fosfor çözücü bakterilerin uygulandığı toprakların alınabilir P oranlarının bakteri uygulanmayan diğer uygulamalara oranla daha düşük olduğu ortaya konmuştur. Bunun sebebi olarak ise PSB uygulamalarının toprakta çözünmez formda bulunan fosforun bir kısmını bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürerek topraktaki oranlarını düşürdüğü şeklinde yorumlanmıştır (Turan vd 2007). Yapılan çalışmada gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı alınabilir fosfor miktarlarının değişkenlik gösterdiği izlenmiştir. Özellikle PR ve PR+B uygulamaları (4. haftaya kadar) toprakta alınabilir P değerlerini diğer uygulamalara göre daha fazla arttırmışlardır. Yine domates bitkisinde yapılan bir çalışmada PSB uygulamalarının toprakta alınabilir fosfor miktarları üzerine kontrol uygulamalarına oranla dikkate değer bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir (Kim vd 1998). Fosfor çözücü bakterilerin toprakların alınabilir P içerikleri üzerine doğrudan etkileri önemli ölçüde olmasa da mikrobiyal gübreler ile kimyasal gübrelerin birlikte entegrasyonunun uygulandığı toprakların çoğunluğunda alınabilir fosfor miktarının marjinal oranlarda arttığı ortaya konmuştur (Srivastava vd 2011). Toprakta bitkiler için faydalı fosforun yaklaşık %5' den daha az olduğu bilinmektedir (Fallik vd 1994). Tarla koşullarında fosfor çözücü bakteri uygulamaları ile toprakta bitkiler için elverişli fosforun arttığını gösteren bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Kapulnik ve Okon 2002).

Sera koşullarında domateste Turan vd (2007)'nin *Bacillus* türü PSB (fosfat çözücü

bakteri) ve beş farklı fosfor gübresini kullandığı bir çalışmada toprakta toplam fosfor kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda bakterili ve bakterisiz uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı ortaya çıkmıştır. Bakterisiz uygulamalarda ortalama fosfor içeriği 385.3-410.9 mg/kg iken bakterili uygulamalarda bu değerler düşüş göstererek 380.2-404.8 mg/kg aralığında seyretmiştir.

4.1.4. Üreaz enzim aktivitesi

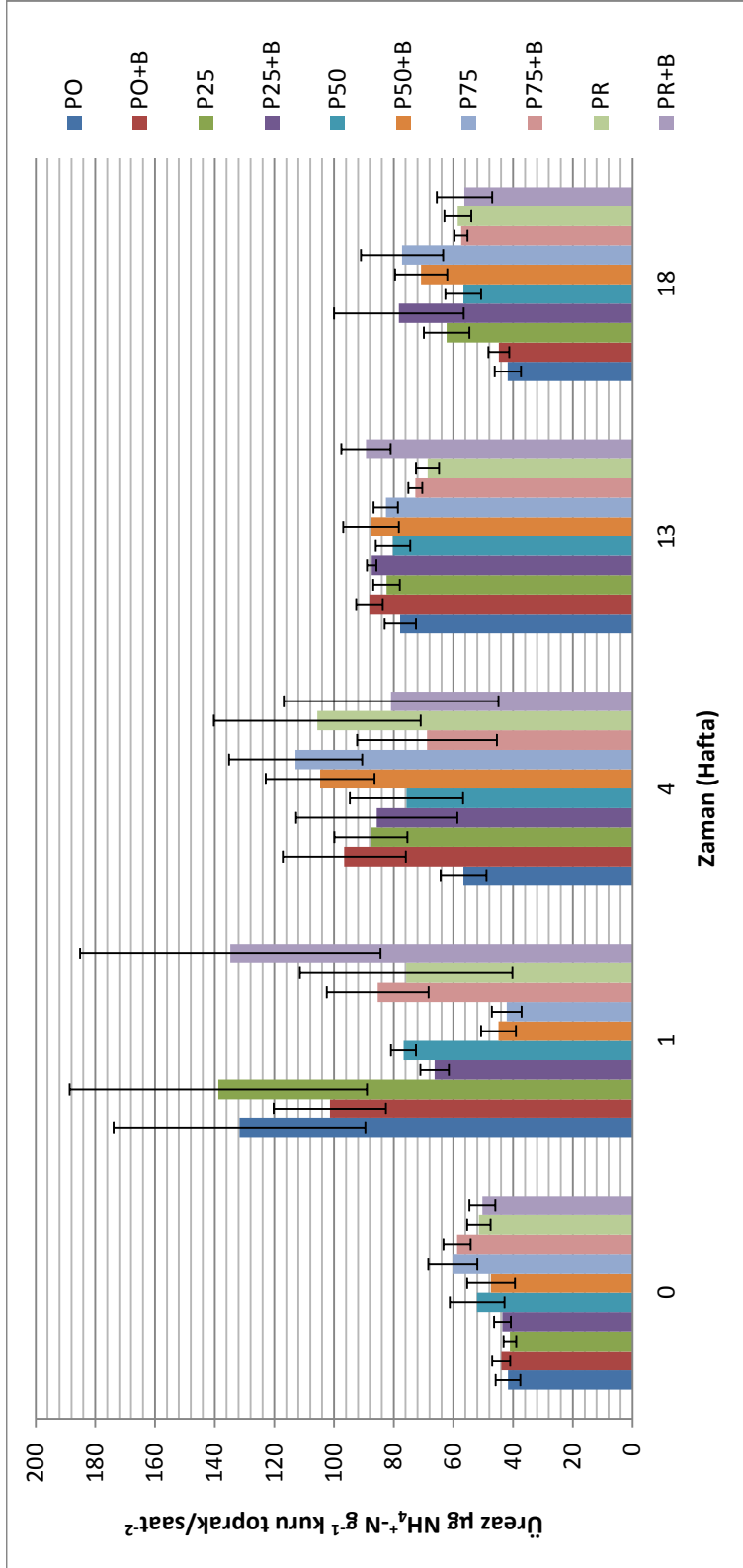
Domates yetiştiriciliği yapılan saksılarda belirlenen üreaz aktivitesi değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak üreaz aktivitesinin değişkenlik gösterdiği izlenmiştir. Nitekim birinci haftada P0+B, P75+B, PR ve PR+B uygulamaları ve 4. haftada P25+B, P50+B, P75 ve PR uygulamaları üreaz aktivitesini diğer uygulamalara göre üreaz aktivitesini daha fazla arttırmıştır. Ancak, bu uygulamaların genel olarak benzer seyrettiği diğer bir ifadeyle aralarında istatistiksel olarak farklılık gözükmediği belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Saksı toprağında gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik göz önüne alınırsa; 0. haftada üreaz aktiviteleri 19.54-60.22 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² olarak ölçülmüştür. Birinci haftada üreaz aktivitesi 42.14-138.83 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² değerleri arasında değişmiştir. Birinci haftada genel itibari ile bakterili uygulamalar bakterisiz uygulamalara göre üreaz aktivitesini daha çok arttırmıştır. Saksılarda ölçülen üreaz aktivitesi 4. haftada 56.60-112.89 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² değerleri arasında değişmiştir. Bakterili uygulamalardan P0+B ve P50+B uygulamaları hariç artan gübre dozunda bakterili uygulamalar bakterisiz uygulamalara oranla üreaz aktivitesini düşürmüştür. 13.haftada 72.78-89.33 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında değişen değerler incelendiğinde genel olarak bakterili uygulamaların üreaz aktivitesini arttırdığı gözlenmiştir. 18.haftada ise 41.77-78.29 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında değişen değerler incelendiğinde tıpkı 4. haftada olduğu gibi P50 uygulamasından sonra artan gübre dozu ile birlikte bakterisiz uygulamalarda üreaz aktivitesi daha yüksek seyretmiştir. Buna göre gübre uygulamalarına bağlı olarak 1, 4 ve 13. haftalarda toprağın üreaz aktivitesinin benzer yüksek seviyelere ulaştığı belirlenmiş ve istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Uygulamaların zamana bağlı olan değişkenlik göz önüne alındığında negatif kontrol (P0) topraklarında üreaz aktiviteleri 41.70-131.69 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında, P0+B uygulamasında 19.54-101.40 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında değişmiştir. P25, P25+B, P50 ve P50+B uygulanan topraklarda sırasıyla 41.05-138.83, 43.57-87.39, 52.05-80-24 ve 44.87-104.63 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında değişmiştir. P75, P75+B uygulanan topraklarda sırasıyla 42.14-112.89 ve 57.42-85.38 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında, pozitif kontrol PR ve PR+B uygulanan topraklarda ise 51.45-105.60 ve 50.29-89.79 $\mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında değişim göstermiştir. Tüm uygulamalarda 1., 4. ve 13. haftalarda genel bir artış gözlenirken zamana bağlı ortalama değerlerindeki değişimin istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksyonun toprağın üreaz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yapılan korelasyon analizinde toprakların üreaz enzim aktivitesi ile domates bitkisinin toplam verim (%1 düzeyinde $r= 0.364$) ve ortalama meyve ağırlığının (%5 düzeyinde $r= 0.301$) yanı sıra bitki yapraklarında toplam çinko (%5 düzeyinde $r= 0.321$) arasında pozitif korelasyon saptanmıştır.

Tarım topraklarına uygulanan fosfor çözücü bakteri (PSB) içeren mikrobiyal gübrelerin toprak enzim aktiviteleri üzerine olumlu etkiler saptanmıştır. Ancak farklı PSB türlerinin birlikte kullanımının tek tür uygulamalarına oranla toprakta üreaz aktivitesini daha etkili artırdığı tespit edilmiştir (Yu vd 2014). Bu nedenle çalışmada kullanılan mikrobiyal gübrede tek tip fosfor çözücü bakterin bulunması bakterili ve bakterisiz uygulamalar arasında önemli bir fark çıkmamasına sebep oluşturmaktadır. Ayrıca üreaz aktivitesi toprak organik maddesi ile yakından ilişkili bir enzimdir. Toprak organik maddesi doğal azot kaynağı olarak üreaz enziminin substratı görevini görmektedir (Dick vd 1988). Bu çalışmada toprağa uygulanan başta fosfor çözücü bakteri preparatı olmak üzere diğer gübreler organik madde içermemektedir. Bunun yanında deneme toprağının organik maddece fakir ve toplam azotça (%0.129) da çok zengin olmaması üreaz aktivitesinin önemli düzeyde bir artış göstermemesini açıklamaktadır. Ekberli vd (2009) killi tın bünyeli toprağa uygulanan tütün ve çay atığı, fındık zuru ve buğday samanı gibi organik atıkların topraktaki üreaz aktivitesine olan etkilerini araştırmış, tüm uygulamaların kontrol toprağına oranla üreaz aktivitesini arttırdığı sonucunu çıkarmışlardır. Artan organik madde miktarı ile toprak koşullarının fiziksel ve kimyasal olarak iyileşmesinin doğrudan etkili olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.4. Domates yetiştirilen saksı toprağının üreaz aktivitesindeki değişimler

Çizelge 4.4. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın üreaz aktivitesi üzerine etkisi ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak/saat²)

Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	41.70	131.69	56.60	77.80	41.77	69.91
P0+B	19.54	101.40	96.56	88.13	44.7	70.08
P25	41.05	138.83	87.67	82.42	62.27	82.45
P25+B	43.57	66.31	85.64	87.39	78.29	72.24
P50	52.05	76.70	75.72	80.24	56.68	68.28
P50+B	47.40	44.87	104.63	87.63	70.84	71.08
P75	60.22	42.14	112.89	82.66	77.18	75.01
P75+B	58.77	85.38	68.81	72.78	57.42	68.63
PR	51.45	75.81	105.60	68.67	58.54	72.02
PR+B	50.29	134.75	80.88	89.33	56.31	82.31
Ortalama	46.60b ¹	89.79a	87.50a	81.70a	60.40b	-
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	10.736*** ²					
Gübre	Ö.D. ³					
Hafta x Gübre	Ö.D.					

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

³ Ö.D. önemli değil.

4.1.5. Alkali fosfataz enzim aktivitesi

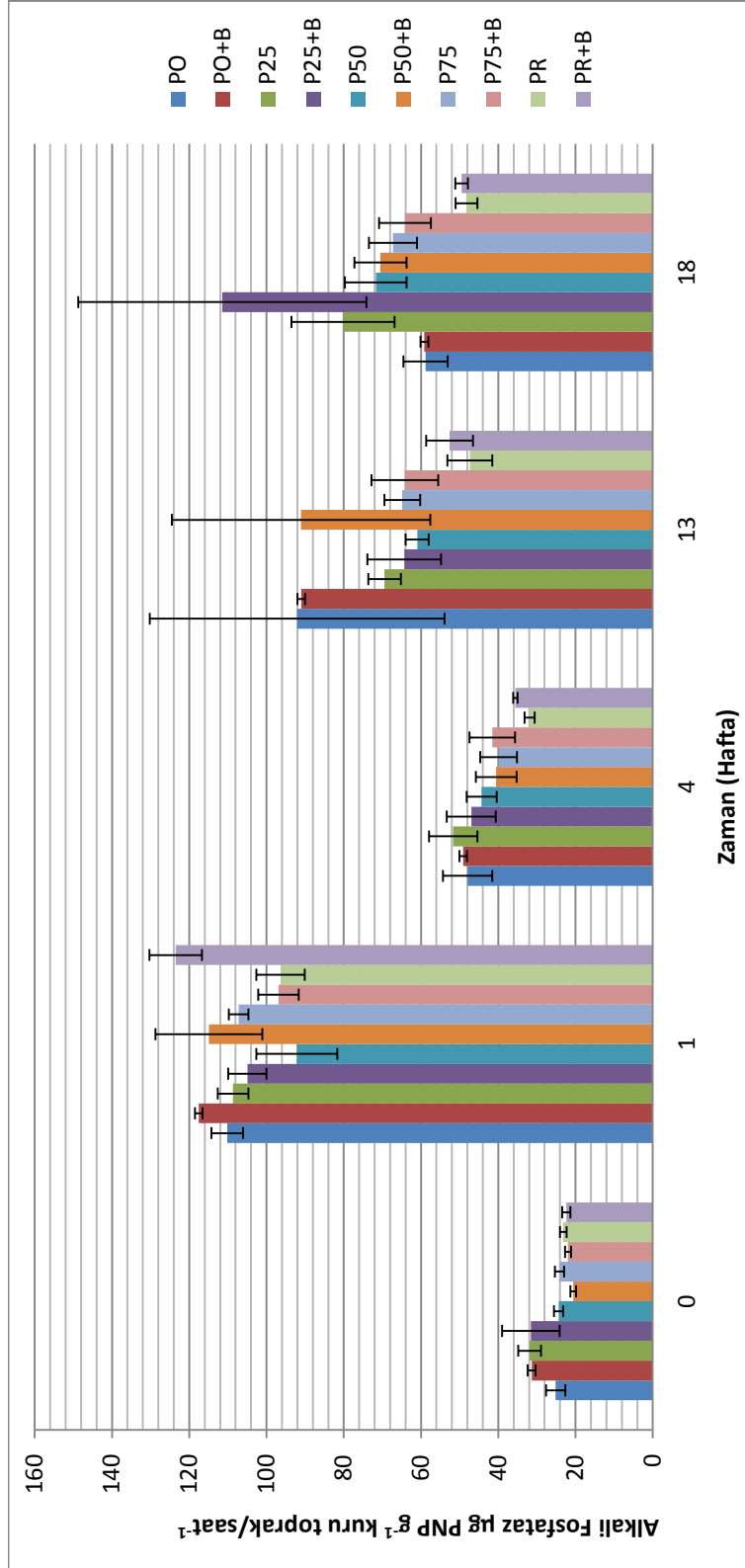
Domates yetiştiriciliği yapılan saksılarda belirlenen alkali fosfataz aktivitesi değerleri Şekil 4.5' de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak alkali fosfataz aktivitesinin değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik göz önüne alınırsa 0. hafta dışındaki haftalarda kontrol toprağına göre genel olarak tüm uygulamalar toprağın alkali fosfataz aktivitesini benzer şekilde etkilemiştir. 0. haftada alkali fosfataz aktiviteleri 11.24-31.86 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat¹ olarak ölçülmüştür. Birinci haftada alkali fosfataz aktivitesi 92.16-123.49 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat¹ değerleri arasında değişirken en yüksek değer PR+B uygulamasının olduğu gözlenmiştir. Ancak 4. haftaya gelindiğinde ise genel bir düşüş olduğu gözlenmiş, alkali fosfataz enzim aktivitesi 31.88-51.66 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat¹ değerleri arasında seyretmiştir. P0+B ve PR+B uygulamaları hariç tüm bakterili uygulamalar bakterisiz uygulamalara göre alkali fosfataz enzim aktivitesini düşürme eğilimi göstermiştir. 13. haftada 47.33-92.04 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat¹ arasında ve 18. haftada ise 48.24-111.43 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat¹ arasında değişim göstermiştir. Gübre uygulamalarına bağlı olarak alkali fosfataz enzim aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Saksı toprağında zamana bağlı olan değişkenlik göz önüne alındığında negatif kontrol (P0) topraklarında alkalin fosfataz aktiviteleri 25.14-110.16 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında, P0+B uygulamasında 11.24-117.51 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişmiştir. P25, P25+B uygulanan topraklarda sırasıyla 31.86-108.65 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ ve 31.57-111.43 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında, P50 ve P50+B uygulanan topraklarda sırasıyla 24.39-92.16 ve 20.59-114.91 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında, P75 ve P75+B uygulanan topraklarda sırasıyla 24.13-107.19 ve 21.95-96.87 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişmiştir. Diğer taraftan pozitif kontrol PR ve PR+B uygulanan topraklarda ise 22.17-96.34 ve 22.41-123.49 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Gübre uygulamalarının haftalara bağlı değişimleri incelendiğinde istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Saksı topraklarında ölçülen tüm alkali fosfataz enzim aktivite değerleri göz önünde bulundurularak gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın alkali fosfataz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5). Diğer taraftan, 1. haftada gübre uygulamalarına bağlı olarak toprağın üreaz aktivitesinin en yüksek seviyelerde olduğu, PR+B uygulamasıyla 123.49 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ değerine ulaştığı belirlenmiştir.

Fosfatazlar, çeşitli substratlardan fosfat gruplarını serbest bırakan enzimler olarak tanımlanmaktadır. Bu enzimler toprak reaksiyonuna bağlı olarak ya asit ya da alkali fosfatazlar şeklinde aktivite göstermektedirler. Fosfataz aktivitesi toprakta organik maddeye bağlı konumdaki fosforu inorganik fosfora çeviren ekstraselüler bir enzimdir ve toprak pH'sının durumuna göre bu işleri asit veya alkali fosfatazlar yürütürler. Toprak reaksiyonu birçok toprak bileşenine doğrudan etki etmektedir. Öyle ki bu durum toprak enzimlerini de kapsamaktadır. Topraklarda optimal fosfataz enzim aktivitesinin nötral pH'da gerçekleştiğini öne süren araştırmacılar bulunmaktadır (Juma ve Tabatabai 1977). Ayrıca, fosfataz enzimi sadece pH değil aynı zamanda diğer önemli toprak özelliklerinden olan organik madde miktarı ve alınabilir konumdaki fosfor miktarı ile doğru orantılı olarak aktivite göstermektedir (Nannipieri vd 1973).



Şekil 4.5. Domates yetiştirilen saksı toprağının alkali fosfatase aktivitesindeki değişimler

Çizelge 4.5. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın alkali fosfataz aktivitesi üzerine etkisi $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹

Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	25.14	110.16	47.95	92.04	58,81	66.82a ¹
P0+B	11.24	117.51	49.07	90.99	59,12	70.47a
P25	31.86	108.65	51.66	69.44	80,17	68.36a
P25+B	31.57	104.94	46.96	64.32	111,43	71.84a
P50	24.39	92.16	44.29	60.97	71,71	58.70ab
P50+B	20.59	114.91	40.56	91.05	70,49	67.52a
P75	24.13	107.19	39.89	64.87	67,26	60.67ab
P75+B	21.95	96.87	41.55	64.21	64,12	57.74ab
PR	23.17	96.34	31.88	47.33	48,24	49.39b
PR+B	22.41	123.49	35.60	52.62	49,47	56.72ab
Ortalama	26.08d ²	107.22a	42.94c	69.78b	68.08b	-
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	82.174*** ³					
Gübre	2.281* ⁴					
Hafta x Gübre	Ö.D. ⁵					

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

²Harflendirilen değerler haftaların ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

³***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

⁴*%5 düzeyinde önemlidir (p<0.05).

⁵Ö.D. önemli değil.

Kim vd (1998) tarafından yapılan bir çalışmada domates bitkisine fosfor çözücü bakteri olarak *Enterobacter agglomerans* ve mikroriza mantarlarından *Glomus etunicatum* uygulanmıştır. Çalışmada tek başına mikoriza ve bakteri ile birlikte uygulanan mikoriza mantarı uygulamalarının kontrol uygulamasına göre toprakta alkalın fosfataz enzim aktivitesini daha fazla arttırdığı belirlenmiştir. Yukarıdaki çalışma sonunda toprağın alkali fosfataz aktivitesinin gübre uygulamaları ile önemli oranda artış gösterdiği görülmüştür (P0+B, P25, P25+B, P50+B). Alkali fosfataz aktivitesini arttıran uygulamaların genellikle düşük P içerikli ve bakteri ilave edilmiş karışımlar olduğu görülmektedir. Deneme toprağının organik madde (%1.7) ve alınabilir P içeriğinin (1.9 P₂O₅ kg/da) miktarının yetersiz olduğu düşünüldüğünde alkali fosfataz aktivitesindeki artışlar fosfor çözücü bakterilerin faaliyetlerine atfedilebilir. Nitekim fosfor çözücü bakterilerin uygulandığı toprakta alınmaz formdaki fosforun bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürülmesi mikroorganizmaların salgıladıkları organik asitler ve enzimler sayesinde olmaktadır (Rodriguez ve Fraga 1999). Ortamda alınabilir P oranının düşük olması bakterilerin P elde etmek için daha fazla enzim salgılamalarına sebep olacağı gibi yüksek P içerikli saksılarda ise ortamdaki fazla P sebebi ile daha az enzim üretilmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle P0 ve P0+B uygulamalarının yapıldığı saksılarda diğer fosfor düzeyi yüksek saksılara oranla daha yüksek enzim aktivitesi değerlerinin ortaya çıkması beklenen bir sonuçtur.

4.1.6. β -glikosidaz enzim aktivitesi

Domates yetiştiriciliği yapılan toprakta belirlenen β -glikosidaz aktivitesi değerleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak β -glikosidaz aktivitesinin değişkenlik gösterdiği izlenmiştir.

Domates yetiştirilen saksı toprağında gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik göz önüne alınırsa; 0. haftada β -glikosidaz aktiviteleri 64.06-185.72 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ olarak ölçülmüştür. Birinci hafta itibari ile β -glikosidaz aktivitesinde genel bir artış gözlenirken değerler 99.00-248.50 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında ölçülmüş ve PR uygulaması en yüksek değeri göstermiştir. Ayrıca P25 hariç olmak üzere tüm bakterisiz uygulamalar bakterili uygulamalara göre daha yüksek değerler ortaya çıkarmıştır. Dördüncü hafta itibari ile tüm uygulamalarda genel bir düşüş gerçekleşmiş ve değerler 32.98-50.48 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişmiştir. On üç ve 18. hafta itibari ile doğrusal yönde bir artış gerçekleşmiş ve toprağın β -glikosidaz aktivitesini artırma/uyarma yönünden kontrol uygulamalarına oranla PR uygulamalarını P25, P50, P75 uygulamalarının takip ettiği görülmüştür. 13. haftada β -glikosidaz aktivitesi 76.77-98.79 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında ve 18. haftada ise 92.36-144.40 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Birinci haftada gübre uygulamalarına bağlı olarak toprağın β -glikosidaz aktivite ortalaması 140.93 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ değeri ile en yüksek seviyeye ulaşmış zamana bağlı değişimin istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Saksı toprağında zamana bağlı olan değişkenlik göz önüne alındığında negatif kontrol P0 topraklarında β -glikosidaz aktiviteleri 49.32-146.73 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında iken P0+B topraklarında β -glikosidaz aktiviteleri 50.48-132.67 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişmiştir. P25 ve P25+B uygulanan topraklarda sırasıyla 46.75-144,40 ve 41.30-161,11 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻² arasında, P50 ve P50+B uygulanan topraklarda sırasıyla 42.24-171.12 ve 32.98-128.18 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında, P75 ve P75+B uygulanan topraklarda sırasıyla 37.66-128.64 ve 46.23-122.95 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişmiştir. Diğer taraftan, pozitif kontrol olan PR ve PR+B uygulanan topraklarda sırasıyla 44.20-248.50 ve 49.19-185.72 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Tüm uygulamalar arasında zamana bağlı bir değişim gözlenmiş fakat uygulamalara bağlı değişimler istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer taraftan gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksyonun toprağın β -glikosidaz aktivitesi üzerine etkileri istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Toprak ekosistemi içerisinde aktivite gösteren enzimlerden olan β -glikosidaz, selülozun mikrobiyal olarak glikoza ayrıştırılmasında sınırlayıcı enzimdir. Bu enzim; mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlarda bulunmaktadır. β -glikosidaz selülozun ayrışmasında ikinci basamakta görev alan ve bu nedenle karbon döngüsüne katkı veren önemli bir enzimdir. β -glikosidaz aktivitesi toprak organik karbonu ile yakın bir ilişki içinde olduğundan toprak organik madde-karbon miktarında meydana gelen değişiklikler de bu enzimin aktivitesini doğrudan etkilemektedir. Yapılan çalışmada, gübre uygulamalarının toprağın β -glikosidaz aktivitesine etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bu durumun ortaya çıkmasında deneme toprağının organik madde

miktarının düşük olmasının yanı sıra fosfor çözücü bakterilerin selüloz gibi karmaşık yapıları organik bileşiklerin parçalanmasında görev almadıkları düşüncesi ön plana çıkmaktadır. Nitekim fosfor çözücü olan *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burgholderia* cinsi bakterilerin selülozun parçalanmasında etkili görev almadıkları bildirilmiştir (Rodriguez ve Fraga 1999, Çengel 2006).

Çizelge 4.6. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın β -glikosidaz aktivitesi üzerine etkisi ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak/saat⁻¹)

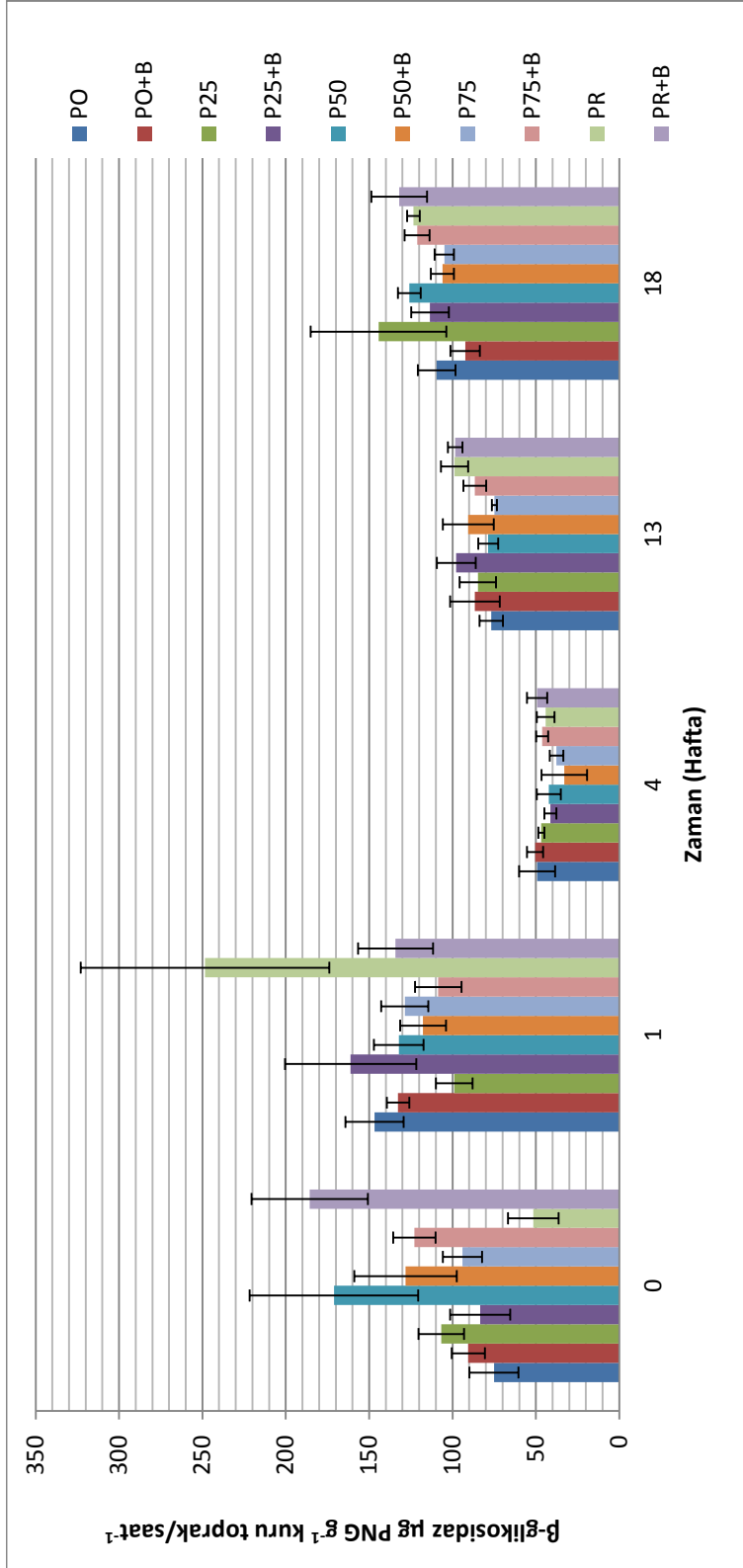
Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	75.14	146.73	49.32	76.77	109.55	91.50
P0+B	90.57	132.67	50.48	86.56	92.36	90.53
P25	106.72	99.00	46.75	84.80	144.40	96.33
P25+B	83.36	161.11	41.30	97.75	113.49	99.40
P50	171.12	132.20	42.24	78.63	125.90	110.02
P50+B	128.18	117.66	32.98	90.54	106.03	96.61
P75	93.97	128.64	37.66	74.86	104.90	88.01
P75+B	122.95	108.62	46.23	86.63	121.21	97.13
PR	64.06	248.50	44.20	98.79	123.45	115.80
PR+B	185.72	134.19	49.19	98.41	132.00	119.90
Ortalama	112.18b ¹	140.93a	44.80d	87.37c	117.33b	-
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	35.923*** ²					
Gübre	Ö.D. ³					
Hafta x Gübre	2.084*** ⁴					

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

³ Ö.D. önemli değil.

⁴***%1 düzeyinde önemlidir (p<0.01).

Şekil 4.6. Domates yetiştirilen saksı toprağının β -glukosidaz aktivitesindeki değişimler

4.1.7. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı

Domates yetiştiriciliği yapılan saksılarda belirlenen toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, gübre uygulanmış toprak örneklerinde haftalara ve gübre dozlarına bağlı olarak bakteri sayısının değişkenlik gösterdiği izlenmiştir. Buna göre ilk dört hafta uygulamalar arasında belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir. Ancak birinci haftada P50+B uygulamasında etkin bir artış gözlenmiştir. Dördüncü haftada ise en yüksek ortalamayı P25 uygulaması gösterirken, diğer tüm uygulamalarda bakterili uygulamalar bakterisiz uygulamalara oranla daha yüksek değerler ortaya koymuşlardır. Dördüncü haftadan sonra, 18. haftaya kadar PR ve PR+B uygulamalarının toprağın bakteri sayısını en fazla arttıran uygulamalar olduğu izlenmiştir. Buna göre, gübre uygulamaları ile haftalar arasındaki interaksiyonun toprağın bakteri sayısı üzerine etkisi %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarına bağlı olan değişkenlik göz önüne alınırsa; 0. haftada bakteri sayısı $2.2-4.8 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak olarak ölçülmüştür. Birinci haftada bakteri sayılarında genel bir artış gözlenmiş ve $2.2-8.6 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değişmiştir. 4. haftada $0.8-5.1 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değişmiştir. Onüçüncü haftada $1.3-11.5 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında ve 18.haftada ise $1.7-14.4 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değişim göstermiştir. Bununla birlikte 18. haftada gübre uygulamalarına bağlı olarak toprağın toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 8.82×10^5 kob g^{-1} ortalama değeri ile diğer haftalara göre en yüksek seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Buna göre zamana bağlı değişim istatistiksel açıdan %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Domates yetiştirilen saksılarda zamana bağlı olan değişkenlik göz önüne alındığında negatif kontrol (P0) topraklarında bakteri sayısı $0.8-2.3 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak, P0+B topraklarında ise $1.3-4.8 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değişmiştir. P25 ve P25+B uygulamalarında bakteri sayısı sırasıyla $2.7-5.1 \times 10^5$ ve $2.1-4.3 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değişmiştir. Diğer taraftan P50 ve P50+B uygulanan topraklarda sırasıyla $1.9-5.7 \times 10^5$ ve $1.8-12.3 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında, P75 ve P75+B uygulanan topraklarda ise sırasıyla $2.9-14.2 \times 10^5$ ve $2.2-14.4 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değişmiştir. Pozitif kontrol olan PR ve PR+B uygulanan topraklarda sırasıyla $3.4-14.2 \times 10^5$ ve $3.6-14.1 \times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak arasında değerler ölçülmüştür. PR uygulamaları 7.86×10^5 kob g^{-1} ortalama değeri ile en yüksek toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını verirken sırasıyla PR+B, P75 ve P75+B uygulamaları (sırasıyla 7.63, 6.95 ve 6.78×10^5 kob g^{-1}) benzer önem düzeyinde takip etmiştir. Buna göre, gübre uygulamalarına bağlı ortalama değerlerindeki değişimin istatistiki açıdan %0.1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

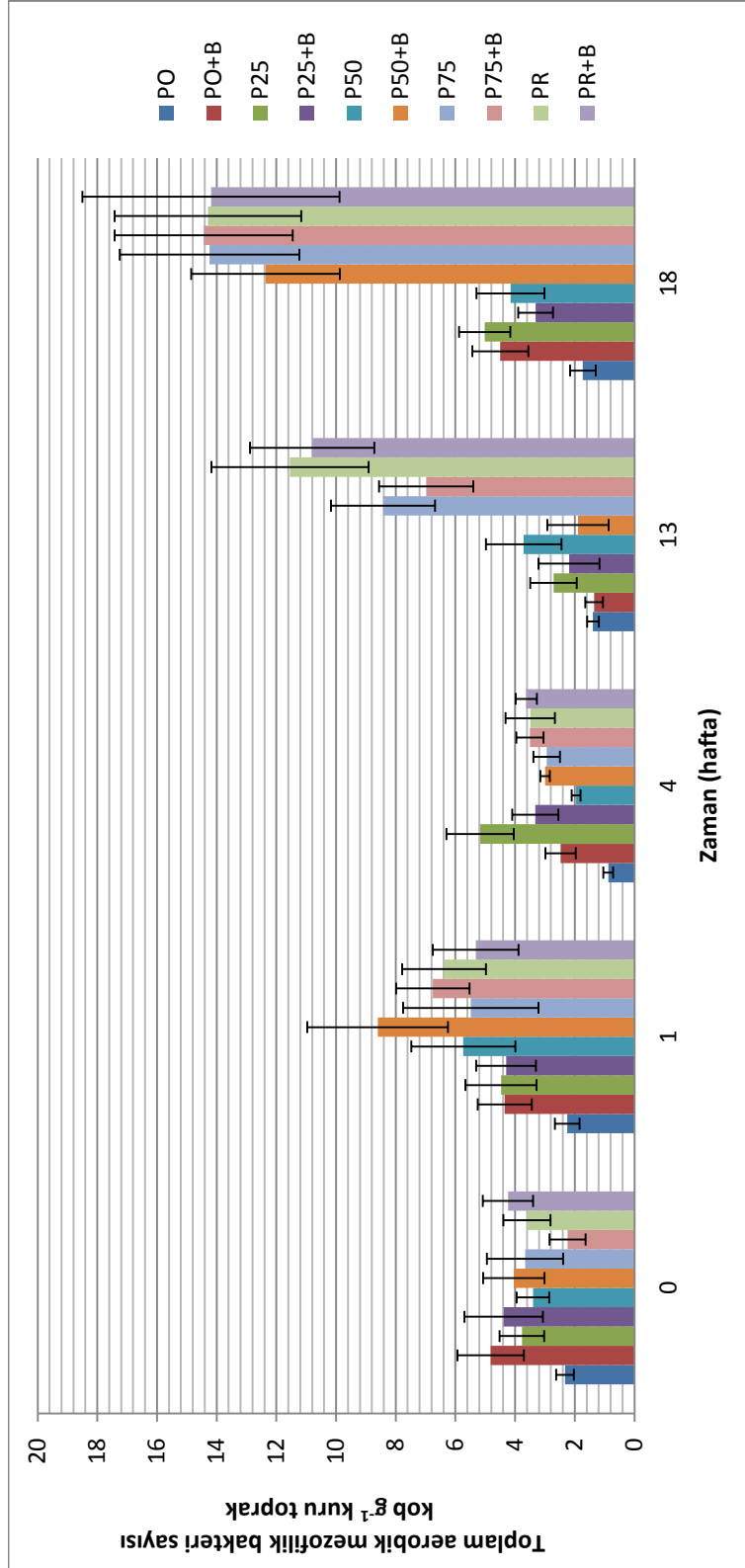
Çizelge 4.7. Domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprağın toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı üzerine etkisi ($\times 10^5$ kob g^{-1} kuru toprak)

Uygulamalar	Haftalar					Ortalama
	0	1	4	13	18	
P0	2.3	2.2	0.8	1.3	1.7	1.71d ¹
P0+B	4.8	4.3	2.4	1.3	4.4	3.49cd
P25	3.7	4.4	5.1	2.7	5.0	4.22bc
P25+B	4.3	4.3	3.3	2.1	3.3	3.50cd
P50	3.4	5.7	1.9	3.7	4.1	3.79c
P50+B	4.0	8.6	2.9	1.8	12.3	5.98ab
P75	3.6	5.4	2.9	8.4	14.2	6.95a
P75+B	2.2	6.7	3.5	6.9	14.4	6.78a
PR	3.6	6.3	3.4	11.5	14.2	7.86a
PR+B	4.2	5.3	3.6	10.7	14.1	7.63a
Ortalama	3.64c ²	5.36b	3.03c	5.09b	8.82a	
ANOVA (LSD %5)						
Hafta	22.676*** ³					
Gübre	9.961***					
Hafta x Gübre	3.163***					

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

²Harflendirilen değerler haftaların ortalamasıdır. Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemlidir.

³***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).



Şekil 4.7. Domates yetiştirilen saksı toprağının toplam aerobik mezofilik bakteri sayısındaki değişimler

Toprak mikroorganizmalarının önemli bir bileşeni olan bakteriler, toprakta meydana gelen birçok biyokimyasal olayın yürütücüsü konumundadır. Örneğin bakteriler toprakta bitki gelişimi için gerekli olan azot, fosfor, kükürt ve karbon gibi besin elementlerinin döngülerinde görev aldıkları için toprak verimliliğinin en temel göstergelerindendir. Yapılan çalışmalar sonucunda topraktaki organik madde ve alınabilir besin elementleri ile özellikle bakteri sayısı ve aktivitelerinin yakın bir ilişki içinde olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Kirckhner vd 1993, Simith vd 1993, Borken vd 2002). Yapılan bu çalışmada ise gübre uygulamalarının toprağın mezofil bakteri sayısını önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Bakteri sayısındaki artışa genel olarak yüksek dozlu fosforlu gübre ve bakterili uygulamalarının (P75, P75+B, PR ve PR+B) en fazla etkiye sahip uygulamalar olduğu dikkati çekmektedir. Yüksek dozda gübrelerin tek başına ya da bakterili uygulamalarının toprakta mezofil bakteri sayısının artışına neden olması beklenmeyen bir durum değildir. Çünkü yüksek dozda uygulanan P toprakta var olan bakterileri uyararak bunların sayıca artmasını teşvik etmiştir. Fosfor miktarının düşük olduğu uygulamalarda ise yaşanan fosfor stresinin hem uygulanan bakterilerin hem de doğal bakterilerin sayıca artışına bir engel oluşturduğu düşünülmektedir. Bu nedenle fosfor çözücü bakteri uygulamalarının tek başına P'lu gübre uygulamasına göre toprak bakteri sayısında herhangi bir etkide bulunmamış olması muhtemeldir.

4.2. Yetiştirme Dönemi Sonunda Gübre Uygulamalarının Toprağın Besin Elementi Kapsamları Üzerine Etkileri

4.2.1. Değişebilir K, Ca, Mg ve Na kapsamları

Yapılan gübre uygulamalarının toprakların değişebilir K, Ca, Mg ve Na kapsamları üzerine etkileri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir. Genel olarak uygulamalar ile birlikte toprakların Ca içerikleri hariç K, Mg ve Na kapsamlarında önemli düzeylerde artışlar gözlenmiştir.

Toprakların değişebilir K içerikleri incelendiğinde istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde artışlar gözlenmiştir. Uygulamalardan P0, P25 ve P0+B sırasıyla 53.00 mg kg⁻¹, 67.91 mg kg⁻¹ ve 70.03 mg kg⁻¹ değeri ile en düşük K içeriğine sahiplerken, PR+B uygulaması 272.06 mg kg⁻¹ değeri ile en yüksek K içeriğine sahip olmuştur. Toprakların potasyum içeriklerine tek başına uygulanan kimyasal gübreler yerine mikrobiyal gübrelerin eklendiği entegre uygulamalarının olumlu etkisi olduğu yapılan çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Srivastava vd 2011). Yapılan çalışmada da bakterili uygulamalarda değişebilir K içeriği bakterisiz uygulamalara oranla daha yüksek değerler ortaya çıkarmıştır.

Toprakların değişebilir Ca içerikleri incelendiğinde uygulamalar arası fark önemsiz bulunmuştur. Bakterisiz gübre uygulamalarının bakterili uygulamalara oranla daha yüksek değişebilir Ca değerleri verdiği görülmüştür. Değişebilir Mg miktarları incelendiğinde ise uygulamalar arasında istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde farklılıklar gözlenmiştir. Buna göre P0+B uygulaması 139.52 mg kg⁻¹ değeri ile en düşük Mg içeriğini gösterirken 198.32 mg kg⁻¹ değeri ile PR+B uygulaması en yüksek Mg içeriğini vermiştir. Fosfat bakterilerinin Mg alımını artırarak bitki gelişimini teşvik ettiği bilinmektedir (Çakmakçı ve Erdoğan 2005).

Gübre uygulamaları toprakların değişebilir Na kapsamlarını istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde arttırmıştır. En yüksek değişebilir Na kapsamına sahip uygulamalar PR ve PR+B uygulamaları olup sırasıyla 313.58 mg kg⁻¹ ve 322.98 mg kg⁻¹ değerleri ölçülürken, en düşük değişebilir Na kapsamı 23.46 mg kg⁻¹ değeri ile P0 uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.8. Yetiştirme dönemi sonunda gübre uygulamalarının toprakların değişebilir K, Ca, Mg ve Na kapsamlarına etkileri (mg kg⁻¹)

Uygulamalar	K	Ca	Mg	Na
P0	53.00e ¹	3807.60	146.50de	23.46d
P0+B	70.03e	3458.80	139.52e	55.31cd
P25	67.91e	3674.40	147.18de	109.54bc
P25+B	119.58d	4057.20	180.40abc	108.66bc
P50	134.24d	3843.60	162.68bcde	173.83b
P50+B	168.00cd	3702.60	161.18cde	93.85bcd
P75	186.62bc	3978.80	173.32abcd	120.49bc
P75+B	225.26ab	3836.20	172.66abcd	294.12a
PR	193.42bc	3971.80	193.50ab	322.98a
PR+B	272.06a	3922.60	198.32a	313.58a
ANOVA (LSD %5)	18.902***²	Ö.D.³	3.935**⁴	17.754***

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

³ Ö.D. önemli değil.

⁴**%1 düzeyinde önemlidir (p<0.01).

4.2.2. Alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu kapsamları

Çizelge 4.9’de domates yetiştirilen saksılarda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu kapsamları üzerine olan etkileri gösterilmektedir. Toprakların alınabilir Fe, Zn ve Cu kapsamları istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde farklılıklar gösterirken, alınabilir Mn kapsamları istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde farklılık göstermiştir.

Toprakların alınabilir Fe kapsamları 0.24-0.72 mg kg⁻¹ arasında değişmiş ve P75 ve P25+B uygulamalarında belirlenmiştir. P0, P0+B ve P25 uygulamaları ise 0.65-0.66 mg kg⁻¹ ile istatistiki açıdan en yüksek değeri veren uygulamalar olarak aynı önem grubunda yer almışlardır.

Toprakların alınabilir Zn kapsamları 0.58-1.15 mg kg⁻¹ ile sırasıyla P50 VE PR+B uygulamalarından elde edilmiş sonuçlardır. Alınabilir Mn kapsamı 7.76-16.91 mg kg⁻¹ ile sırasıyla P50 ve PR+B uygulamalarından elde edilmiş sonuçlardır.

Çizelge 4.9. Yetiştirme dönemi sonunda gübre uygulamalarının toprakların alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu kapsamlarına etkileri (mg kg⁻¹)

Uygulamalar	Fe	Zn	Mn	Cu
P0	0.66a ¹	0.80cd	9.66bc	0.47bc
P0+B	0.66a	0.69de	9.60bc	0.50bc
P25	0.65a	0.78cde	10.74bc	0.48bc
P25+B	0.72a	0.71de	9.40bc	0.43bc
P50	0.39b	0.58e	7.76c	0.38c
P50+B	0.32bc	0.69de	9.79bc	0.58b
P75	0.24c	0.87bcd	11.45bc	0.81a
P75+B	0.30bc	0.95abc	12.82b	0.85a
PR	0.34bc	1.10ab	13.65ab	0.84a
PR+B	0.39b	1.15a	16.91a	0.92a
ANOVA (LSD %5)	17.937***²	6.957***	4.183***³	15.118***

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

³***%1 düzeyinde önemlidir (p<0.01).

Alınabilir Cu kapsamları 0.38-0.92 mg kg⁻¹ ile sırasıyla P50 ve PR+B uygulamalarından elde edilmiş sonuçlardır. P75, P75+B ve PR uygulamaları ise sırasıyla 0.81, 0.85 ve 0.84 mg kg⁻¹ değerleri ile istatistiki açıdan en yüksek değeri veren uygulama ile aynı önem grubunda yer almıştır. Toprakların alınabilir Zn, Mn ve Cu kapsamları benzer şekilde P50 uygulamalarında en yüksek değerleri vererek azalırken, PR uygulamalarında ise en yüksek değeri vererek yükselmişlerdir.

Domatesin toplam K, Ca, Na ve alınabilir Zn, Mn ve Cu kapsamları üzerine bakteri uygulamaları farklı etkiler göstermiştir. Bitki rizosferinde bulunan birçok bakteri organik ve inorganik maddeleri bitkiler için yararlı hale getirmektedir (Çakmakçı 2005). Mikroorganizmalar fosfat çözebilme yeteneğine ilave olarak bitki gelişmesini teşvik edici maddelerin üretimi yoluyla Fe, Zn gibi elementlerin alınımını arttırmaktadır. Fosfat çözücü *Bacillus* türü bakterilerin kullanıldığı ve bitki gelişimi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, bakterili uygulamalarının P, Mg, Al, K ve Fe alımını arttırarak bitki gelişimini teşvik ettiği tespit edilmiştir (Çakmakçı 2005). Bununla birlikte yeterli P beslenmesi ve bitki gelişimi ile N, P, K ve Fe alınımını arttırdığı sonucunu çıkarmışlardır. Nitekim bu çalışmada da kimi makro ve mikro besin elementlerinin topraktaki yararlılığının bakterili ve yüksek dozda P içerikli gübre uygulamaları (PR+B ve P75+B) ile arttığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, literatürde de belirtildiği üzere fosfat çözücü bakterilerin salgıladıkları çeşitli metabolitler ile bitki kök gelişimini arttırarak birçok besin elementinin alınabilirliğini arttırdığı düşüncesini desteklemektedir. Diğer taraftan alınabilir Zn, Mn ve Cu' nun bakterisiz gübre uygulamalarından (P0 ve P0+B) daha fazla etkilenmiş olmasının bu besin elementlerinin bitkide artan verim karşısında seyrelme etkilerinden kaynaklandığını da akla getirmektedir.

4.3. Gübre Uygulamalarının Domates Bitkisinin Mineral Besin İçeriklerine ve Bazı Verim Parametreleri Üzerine Etkileri

4.3.1. Toplam N, P, K, Ca, Mg ve Na içeriği

Çizelge 4.10'da farklı dönemlerde ve dozlarda yapılan gübre uygulamalarının domates yapraklarının N, P, K, Ca, Mg ve Na içerikleri üzerine etkileri verilmektedir. Yaprak örneklerinin N, P ve Mg içeriklerinin uygulamalar arasında farklılık göstermediği ve istatistiksel anlamda etkilenmediği belirlenmiştir. Ancak Turan vd (2007) domates yetiştirilen saksı toprağına fosfor çözücü bakteri tek başına ve fosforlu gübreler ile birlikte yapılan uygulamalarının bitkide kontrol (fosfor çözücü bakterilerin uygulanmadığı) uygulamasına göre fosfor oranını arttırdığını tespit etmişlerdir. Bu durum araştırmacılar tarafından bitki ve fosfor çözücü bakterilerin rizosfer bölgesinde salgıladığı organik asitler ile fosforun serbest hale geçmesi ile ilişkili olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Ancak mikrobiyal gübreler ile ilgili Lucy vd (2004) bitkinin azot içeriği, Türkmen vd (2004) bitkinin fosfor içeriği, Tüfenkçi vd (2006) bitkinin magnezyum içeriği üzerine PGPR'lerin olumlu etkilere sahip olduğunu gösterir çalışma sonuçları bildirmişlerdir.

Bitkilerin K konsantrasyonları incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde bulunmuştur. Uygulamalardan %2.56 değeri ile PR+B en yüksek değeri verirken, %1.68 değeri ile P25 en düşük değeri göstermiştir. Nitekim Gök vd (2005), yaptıkları araştırmada PGPR uygulamalarının bitkinin potasyum içeriği üzerine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir. Yaprakların Ca konsantrasyonları incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde bulunmuştur. Uygulamalardan %7.07 değeri ile P75+B en yüksek değeri verirken, %4.37 değeri ile P0+B en düşük değeri göstermiştir. Nitekim yapılan araştırmalar PGPR uygulamalarının bitkinin kalsiyum içeriği üzerine olumlu etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Tüfenkçi vd 2006, Altomare vd 1999).

Domates bitkisinin yapraklarının Na konsantrasyonları incelendiğinde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde çıkarken uygulamalardan PR, PR+B, P75 ve P75+B uygulamaları sırasıyla %0.06, %0.05, %0.05 ve %0.05 değerleri ile en yüksek, %0.01 ile P0 en düşük değeri göstermiştir.

Bisvas vd (2000) fosfor çözücü *Bacillus* spp. bakterilerinin bitki gelişimini organik asit salgıları ve diğer mekanizmalarla teşvik ederek N, P ve K alımını arttırdığını belirtmişlerdir. Farklı dozlarda (0, 30 ve 60 ppm) fosforlu gübreler ile fosfor çözücü bakteriler ve azot fikseri bakterilerin kombinasyonlarını karşılaştıran Uddin vd (2014) tarafından nohutta yapılan bir çalışmada bitkideki N miktarı ile tohum protein ve karbonhidrat miktarının en fazla 30 ppm fosfor+azot fikseri bakteri+fosfor çözücü bakteri karışımı uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında Eşitken vd (2003) *Bacillus subtilis* OSU-142 bakteri uygulamasının kayısıda N,P,K,Ca ve Mg içeriklerini, Egamberdiyeva ve Höfllich (2003) kışlık buğdayda bakteri aşılamaının N, P, K içeriklerini, Wu vd (2005) mısırdaki bakteri uygulamalarının N, P ve K içeriklerini, Shirkot ve Sharma (2006) elmada *Bacillus megaterium* uygulamasının sürgünde N, P ve K içeriğinin artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.10. Gübre uygulamalarının domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg ve Na konsantrasyonlarına etkileri (%)

Uygulamalar	N	P	K	Ca	Mg	Na
P0	3.82	0.06	1.80cd ¹	4.93cd	0.75	0.01c
P0+B	3.71	0.06	1.91bcd	4.37d	0.69	0.02bc
P25	3.22	0.09	1.68d	5.60bc	0.69	0.03ab
P25+B	3.62	0.10	2.11abcd	5.92abc	0.65	0.03b
P50	3.56	0.12	2.11abcd	5.39bcd	0.63	0.03b
P50+B	3.42	0.12	1.87bcd	6.32ab	0.66	0.03b
P75	3.47	0.13	2.10abcd	6.42ab	0.69	0.05a
P75+B	3.72	0.12	2.23abc	7.07a	0.67	0.05a
PR	4.63	0.15	2.30ab	6.20ab	0.60	0.05a
PR+B	3.91	0.17	2.56a	6.59ab	0.68	0.06a
ANOVA (LSD %5)	Ö.D.	Ö.D.²	3.237**³	4.823***⁴	Ö.D.	10.176***

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

²Ö.D. önemli değil.

³**%1 düzeyinde önemlidir (p<0.01).

⁴***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

4.3.2. Toplam Fe, Zn, Mn ve Cu içeriği

Çizelge 4.11’de farklı uygulamaların domates bitkisi yapraklarının Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri üzerine etkileri verilmektedir. Bitkilerin Fe içerikleri uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmemiştir. Ancak Küçük vd (2008) ile Turan vd (2004), yaptıkları araştırmalar sonunda PGPR uygulamalarının bitkinin demir içeriği üzerine olumlu etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada bakterili uygulamaların bitkilerde demir içeriği üzerinde etkin bir rol almamasını bakteri çeşit, tür ve suş farklılıklarına ve uygulama şekline bağlamak mümkündür.

Bitkilerin Zn içeriklerinde ise uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak %0.1 önem düzeyinde bulunurken, P0 ve P0+B uygulamaları sırasıyla 34.95 ppm ve 38.16 ppm ile en yüksek değerleri vermiştir. Yüksek düzeyde fosforlu gübre ve bakteri uygulamalarının bitkilerde çinko içeriğini artırıcı bir etkisi gözlenmemiştir. Ancak Küçük vd (2008), yaptıkları araştırmada kök bölgesine uygulanan bakteri uygulamalarının bitkinin çinko içeriği üzerine olumlu etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Bitki yapraklarının Mn içeriklerinde ise uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak %1 önem düzeyinde bulunmuştur. 155.2 ppm değeri ile P0 uygulamasında en yüksek değer ortaya çıkarken en düşük değeri ise P50, P75, PR ve PR+B uygulamaları göstermiştir. Genel olarak artan fosforlu gübre dozu ile birlikte domates bitkisinin Mn içeriğinin düştüğü görülmüştür. Ancak yapılan birçok çalışmada PGPR uygulamaları bitkinin mangan içeriği üzerinde olumlu etkiler göstermiştir (Türkmen vd 2004).

Diğer yandan bitki yapraklarının Cu içeriklerinde ise uygulamalar arasında %0.1 önem düzeyinde fark tespit edilmiştir. P0 ve P0+B uygulamaları sırasıyla 6.45 ppm ve 7.23 ppm değerleri ile en yüksek etkiyi göstermiştir. Artan fosforlu gübre dozlarının domates bitkisinin Zn içeriği üzerinde olumlu bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür.

Ancak Küçük vd (2008) yaptıkları araştırmada PGPR uygulamalarının bitkinin bakır içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.11. Gübre uygulamalarının domates bitkisinin Fe, Zn, Mn ve Cu konsantrasyonları üzerine etkileri (ppm)

Uygulamalar	Fe	Zn	Mn	Cu
P0	97.09	34.95a ¹	155.52a	6.45a
P0+B	91.59	38.16a	140.60ab	7.23a
P25	59.20	20.69b	118.56abc	2.80b
P25+B	72.75	22.25b	106.20bc	3.49b
P50	76.40	14.74b	94.09c	3.59b
P50+B	77.42	11.72b	98.95bc	2.91b
P75	110.06	13.01b	91.99c	3.35b
P75+B	103.47	12.88b	102.08bc	3.23b
PR	100.37	14.29b	83.72c	4.00b
PR+B	95.88	21.59b	83.57c	4.10b
ANOVA (LSD %5) Ö.D.²		6.913***³	3.327**⁴	8.971***

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

²Ö.D. önemli değil.

³***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

⁴**%1 düzeyinde önemlidir (p<0.01).

PGPR aşılması yapılan bitkiler üzerinde yapılan birçok çalışmada kök sayısı ve uzunluğunun artması, çimlenme oranının artması, yaprak yaşlanması gecikmesi gibi birçok olumlu sonuç alınmıştır. Ayrıca kök membran aktivitesinin artarak N, P, K başta olmak üzere makro ve mikro element alımının da arttığı bilinmektedir (Çakmakçı ve Erdoğan 2005).

Yapılan çalışmalar fosfor çözücü bakterilerin fosfatı çözme yeteneklerinin yanında bitki gelişimini teşvik edici maddelerin üretimi yoluyla Fe ve Zn gibi elementlerin alımını arttırdığını göstermiştir (Kucey vd 1989). Leyval ve Berthelin (1989) kayında yaptıkları çalışmada fosfat çözücü bakterilerin köklerin gelişimini arttırarak Mg, Al, K ve Fe alımını da arttırdığını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada kullanılan deneme toprağının organik madde seviyesi, toprak pH' ı, saksı koşullarında üretim, birçok deneme konusunda fosforlu gübrenin sadece taban gübresi ile beraber tek seferde verilmesi gibi olumsuz koşulların bakterilerin bu yöndeki etkinliklerini azalttığı düşünülmektedir.

Büyümeyi teşvik eden bakteri uygulamalarının bitki besin elementleri üzerine etkisini belirlemek için; farklı bitkilerde değişik bakteri uygulamaları kullanılarak birçok çalışma yürütülmüştür. De Silva vd (2006) yaban mersini bitkisinde bakteri uygulamalarının Zn ve Cu içeriğinin artmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Yürüttüğümüz çalışmada da domates yapraklarının bitki besin elementleri kapsamı üzerine bakteri uygulamalarının etkilerinin önemli olduğunu söylebilmektedir.

4.3.3. Domateste toplam verim, ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve sayısı ve bitki kuru ağırlığı gibi bazı verim parametreleri

Çizelge 4.12’de gübre uygulamalarının domates bitkisinin toplam verimi (TV), ortalama meyve ağırlığı (OMA), ortalama meyve sayısı (OMS) ve bitki kuru ağırlığı (BKA) üzerine etkileri verilmektedir. Uygulamalar arasında OMA hariç olmak üzere diğer parametrelerde önemli düzeyde farklılıklar gözlenmiştir.

Domates bitkisinde toplam verim açısından uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak %0.1 düzeyinde önemli olarak tespit edilmiştir. Buna göre P75 uygulaması 1025.02 g⁻¹ bitki ile en yüksek değeri verirken, P0+B uygulaması 208.68 g bitki⁻¹ ile en düşük değeri vermiştir. Ortalama meyve sayısı açısından uygulamalar arasında önemli (%0.1) düzeyde artış gözlenmiş olup, P75 uygulaması 3.66 adet bitki⁻¹ ile en yüksek değeri verirken, P0+B ve P0 uygulamaları sırasıyla 1.26 adet bitki⁻¹ ve 1.60 adet bitki⁻¹ ile en düşük değerleri vermişlerdir. Nitekim Srivastava vd (2011) kimyasal gübreler ve fosfor çözücü bakterilerin farklı kombinasyonlarda uygulandığı domates bitkisinde en yüksek verimin fosfor çözücü bakteriler ile birlikte uygulanan yüksek fosfor içerikli gübre kombinasyonlarında tespit edildiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.12. Gübre uygulamalarının domates bitkisinde bazı verim parametreleri üzerine etkileri

Uygulamalar	TV g bitki ⁻¹	OMA g adet ⁻¹	OMS adet bitki ⁻¹	BKA g bitki ⁻¹
P0	407.84de ¹	43.13	1.60d	36.42ef
P0+B	208.68e	35.51	1.26d	31.35f
P25	564.34cde	46.04	2.00cd	47.40de
P25+B	786.91abc	45.72	2.86abc	56.36bcd
P50	710.76bcd	44.15	2.79abc	75.60a
P50+B	679.03cd	40.99	2.76abc	50.85cde
P75	1052.02a	48.79	3.66a	63.69abc
P75+B	566.36cde	38.53	2.53bc	66.02abc
PR	750.31abc	44.12	2.70abc	66.82abc
PR+B	1009.54ab	52.79	3.23ab	68.59ab
ANOVA (LSD %5)	6.012***²	Ö.D.³	5.841***	7.690***

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

²***%0.1 düzeyinde önemlidir (p<0.001).

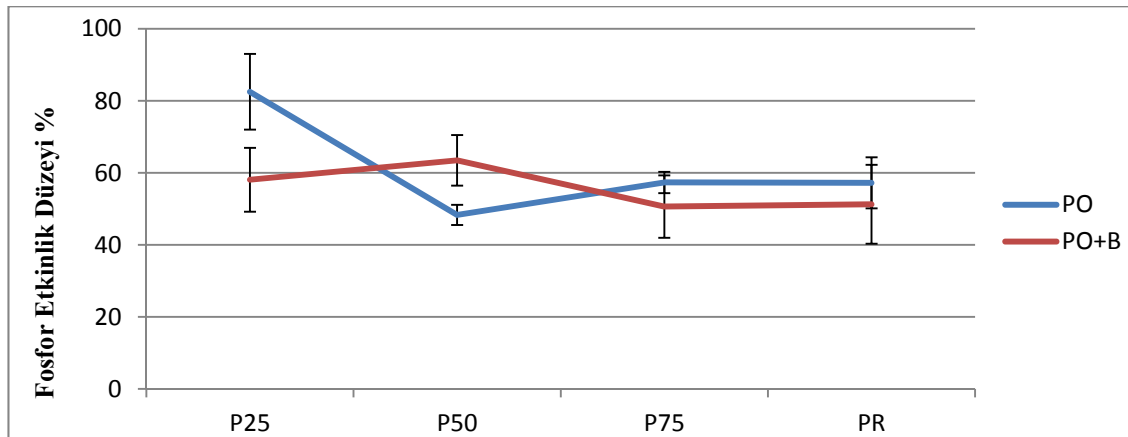
³Ö.D. Önemli değil

İnorganik veya organik fosforu alınabilir hale getiren bakterilerin toprağa veya bitki tohumlarına inokülasyonu ile bitki büyümesini teşvik ettiğini gösterir bir çok çalışma yapılmıştır (Gaur ve Ostwal 1972, Subba Rao 1982, Kloepper vd 1988 ve Kucey vd 1989). Bitki yetiştirme ortamına dahil edilen mikrobiyal gübre uygulamalarının bitkide verim üzerinde olumlu etkileri yine yapılan birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Ünlü ve Padem (2009) organik domates ile konvansiyonel domates yetiştirilen alanda mikrobiyal gübre uygulamalarının erkenci verime olanak sağladığını tespit etmişlerdir. Bu durumu uygulanan mikrobiyal gübredeki mikroorganizmaların organik materyali parçalaması ya da ortamdaki besin elementlerini yararlı hale

getirmesi ile açıklamışlardır.

Bitki kuru ağırlığı açısından domates bitkisinde uygulamalar arasında önemli (%5) düzeyde artış gözlenmiş olup, P50 uygulaması 75.60 g bitki⁻¹ ile en yüksek değeri verirken, P0+B uygulaması 31.35 g bitki⁻¹ ile en düşük değeri vermiştir (Çizelge 4.12). Fosfor çözücü bakteriler ile birlikte uygulanan fosforlu gübre uygulamalarının bitki kuru ağırlığını bakterisiz fosforlu gübre uygulamalarına göre daha fazla arttırdığı yapılan araştırmalar ile de tespit edilmiştir (Turan vd 2007). Ayrıca, toprağa uygulanan fosfor çözücü bakterilerin bitki kuru ağırlığını arttırmanın yanında bitkide klorofil miktarı gibi parametreler üzerindeki olumlu etkilerini gösteren çalışmalar mevcuttur (Ravikumar vd 2010).

Bakterili ve bakterisiz uygulamaların domates bitkisinin fosfor etkinlik düzeyi üzerine olan etkileri belirlenmiş olup P25 uygulanan bitkilerde fosfor etkinlik düzeyi bakterisiz uygulamalarda daha yüksek değerler göstermişken P50 düzeyindeki bakterili uygulamalarda bunun tersi bir durum gözlenmiştir (Şekil 4.8). P25 uygulanan bitkiler %82.51 değeri ile en yüksek fosfor etkinliğini gösterirken en düşük fosfor etkinliğini bakterisiz P50 uygulanan bitkiler vermiştir. P75 ve PR uygulamaları incelendiğinde bakterili ve bakterisiz uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak uygulamalar arası farklar istatistiksel olarak incelendiğinde ise %5 düzeyinde önemli olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.13).



Şekil 4.8. Uygulamaların domates bitkisinde fosfor etkinlik düzeyine etkileri

PGPR aşılama yapılan başta buğday, çeltik, mısır, şeker pancarı, sorgum, arpa, yulaf, darı, hardal, şeker pancarı, turp, yer fıstığı, nohut, bakla, ayçiçeği, pamuk, patates, biber, hıyar, domates bitkilerinde, bitki gelişimi, verim artışı ve kuru madde değerlerinde de artışlar olduğu yapılan birçok çalışma ile izlenmiştir (Çakmakçı ve Erdoğan 2005). Mikrobiyal gübre olarak fosfor çözücü bakterilerin kullanımı ile genel olarak tarımsal üretimin %10-15 oranında arttığı ifade edilmektedir. Örneğin, *Bacillus* türleri ile yürütülen araştırmalarda pirinç, mısır ve diğer tahıllarda önemli verim artışı ortaya konmuştur. Ayrıca yine *Bacillus* spp. kullanılan diğer bazı çalışmalarda yer fıstığı, patates, sorgun veriminde önemli düzeylerde artış gözlenmiştir (Çakmakçı 2005). Yapılan bu çalışmada literatürden farklı olarak yüksek dozda ve tek başına uygulanan fosforlu gübrelemenin (P50 ve P75) domates verimi, ortalama meyve sayısı ve bitki kuru ağırlığını bakterili uygulamalara göre daha fazla arttırdığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Gübre uygulamalarının domates bitkisinde fosfor etkinlik düzeyleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Fosfor Etkinlik Düzeyi (%)
P25	82.51 ¹
P25+B	58.08b
P50	48.33b
P50+B	63.48ab
P75	57.32b
P75+B	50.62b
PR	57.22b
PR+B	51.28b
ANOVA (LSD %5)	1.877*²

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

²*%5 düzeyinde önemlidir (p<0.05).

Deneme toprağının organik madde seviyesi ve alınabilir P miktarının düşük olması bakterilerin domates verimi ve kuru ağırlığı üzerine beklenen olumlu etkisinin ortaya çıkmasına engel teşkil ettiği düşünülmektedir. Ayrıca toprağa yüksek dozda P uygulaması sonrası bu bakterilerin esas görevleri olan fikse edilmiş konumdaki P'ü açığa çıkarma etkilerinin de azaldığı akla gelmektedir. Nitekim bu çalışmada tek başına P uygulaması ile bakterili P+B uygulamalarının toprağın mezofil bakteri sayısını benzer biçimde arttırdığı görülmüş (Çizelge 4.7), bakteri ilavesinin fosforlu gübrelerin etkinliğini arttırmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

4.3.4. Yetiştirme dönemi sonunda bitki rizosfer bölgesi toprakları ile rutin örnekleme ile alınan toprakların bazı parametreler açısından kıyaslanması

Domates yetiştirilen saksıların normal toprak alanından 18. haftada alınan rutin örnekler (18T) ile 18. haftada hasat edilen ve köklenen bitkilerin sadece rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerinin (18RT) bazı özellikleri varyans analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelgeye göre küçük harfle gösterilen değerler aynı sütun üzerindeki farklılıkları, büyük harfle gösterilen değerler aynı parametreler üzerindeki farklılıkları göstermektedir. Değerler arasındaki farklılıklar ise %5 önem düzeyindedir. 18T ve 18RT örneklerinde gübre uygulamalarının toprağın pH, alınabilir fosfor, üreaz enzim aktivitesi ve bakteri sayılarına etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken, uygulamaların toprak EC'si, alkali fosfataz ve β -glikosidaz enzim aktiviteleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Değerler incelendiğinde 18RT örneklerinin tamamında toprak pH'sının 18T örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bitki köklerinin rizosfer toprağının pH seviyelerini değiştiren mekanizmaları olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Riley ve Barber (1971) rizosfer dışı toprağa göre rizosfer toprağının pH'yı yaklaşık 2 birim kadar değiştirebileceği ve bu yeteneğin bitki tür ve çeşidine ve toprak özelliklerine göre değiştiğini bildirmişlerdir. Kök solunumu sonucu ortaya çıkan karbondioksit ve çeşitli kök salgılarının (bazı organik asitler ve aminoasitler) da rizosfer pH'sını düşürücü etkisi bilinmektedir (Nye 1986). Bununla birlikte Strateji I bitkilerinden domatesin rizosfer pH'sını asitleştirdiği bilinmektedir (Taşdemir 2006). Ayrıca bitkilerin rizosfer pH'sını değiştirerek ya da malat, sitrat ve

musilaj gibi salgıları yardımıyla aldıkları metal miktarını da değiştirebildikleri belirtilmiştir (Ayhan vd 2006).

Toprakların alınabilir fosfor açısından 18T ve 18RT örneklerinde uygulamalar arası fark sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek değerlerin 18RT bölgesinde olduğu ve özellikle bazı uygulamaların bu farklılıkta önemli bir paya sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bu uygulamalardan en önemli payı 18T örneklerinde P50+B 3.40 mg kg⁻¹ P değeri ile alırken, 18RT örneklerinde ise 7.87 mg kg⁻¹ P değeri ile PR+B uygulaması öne çıkmaktadır. 18RT örnekleri 18T örneklerine oranla tüm uygulamalarda en yüksek değerleri vermiştir. Kök bölgesinde alınabilir fosfor miktarının kökten uzaklaştıkça azaldığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte 18RT örneklerinde ortam pH'sının düşük olmasının toprakta alınabilir fosfor oranının artmasını sağladığı düşünülmektedir (Riley ve Barber 1971). Kökler çeşitli salgıları ile rizosfer ortamının pH ve oksijen konsantrasyonunu değiştirerek mineral besin elementlerinin şelatlanmasını ve indirgenmesini sağlamaktadır. Böylelikle besinlerin mobilizasyonları ve immobilizasyonlarına etki ederler (Brewster vd 1976).

Toprakta enzim aktivitelerinden üreaz (Ur) aktivitesi açısından 18T örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizken, 18RT örneklerinde uygulamalar arası fark %5 oranında önemli olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte 18RT örnekleri tüm uygulamalarda 18T örneklerine göre daha yüksek değerler vermiş ve uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. P25+B uygulaması 232.58 NH₄⁺ g⁻¹ ortalama değeri ile en yüksek değeri göstermiştir.

Alkalın fosfataz enzim aktivitesinde ise 18T ve 18RT örneklerinde uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemsiz olarak tespit edilirken 18RT örnekleri tüm uygulamalarda 18T örneklerine göre daha yüksek değerler göstermiş ve P0 uygulaması 96.78 NH₄⁺ g⁻¹ ortalama değeri ile en yüksek olarak belirlenmiştir. Nitekim toprakta asit ve alkali fosfatazların rizosferdeki aktivitelerinin toprak karışımına göre daha yüksek olduğu bilinmektedir (Tarafdar ve Jungk 1987). Enzim aktivitelerinden β-glikosidaz aktiviteleri incelendiğinde yine fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak diğer enzim aktivitelerinden farklı olarak 18T örneklerinde tüm uygulamalarda 18RT örneklerine göre daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Bu nedenle kök bölgesine yakınlıkla β-glikosidaz enzim aktivitesinin azaldığı düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bitkilerin kök aktiviteleri üzerine rizosferde gelişen mikroorganizmaların çeşitliliği ve salgıladığı metabolitler (şeker, aminoasit, organik asit, hormon, vitaminler vb.) etki etmektedir. Bitkilerin mikroorganizmaları uyardığı bu rizosfer etkisi mikrobiyal çeşitliliğin ve enzim aktivitesinin artmasına sebep olmaktadır (Okur vd 2007). Bu nedenle bitki kök salgılarının özelliklerinin enzim aktiviteleri üzerinde farklı etkiler yarattığı düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Son olarak bakteri sayıları arasındaki fark incelendiğinde 18T ve 18 RT örneklerinin uygulamalar arası farkı sırasıyla %0.1 ve %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. 18RT örneklerinde 18T örneklerine göre daha yüksek bakteri sayıları ortaya çıkmış ve uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Rizosfer toprağı kendi dışındaki topraktan daha aktif bir mikrobiyal popülasyonu desteklemektedir. Topraktaki mikrobiyal popülasyon çoğu zaman rizosferde bitki kökleri etrafında gelişir. Bitki rizosferi köklerden sızan düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerin devamlı olarak ortama salındığı bir çevredir. Kökten salınan bileşiklerin

etkisiyle kök civarındaki toprakta meydana gelen kolonizasyon, rizosfer kolonizasyonu olarak tanımlanır ve rizosferde bu maddelerin salınımı süresince mikrobiyal aktivitede olumlu etkilenmektedir (Schloter vd 1997). Kök sistemini saran toprak rizosfer mikroflorasının büyük çoğunluğunu oluşturduğundan kök bölgesine yakınlaştıkça bakteri sayısında artış olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Hızalan 1971).

Çizelge 4.14. Yetiştirme dönemi sonunda bitki rizosfer bölgesi toprakları (18RT) ile rutin örnekleme ile alınan toprakların (18T) pH, EC, alnabilir fosfor, üreaz, alkali fosfataz β -glükosidaz enzim aktiviteleri ve bakteriyel sayıları üzerine etkileri

Parametre														
Uyg.	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Alınabilir P (mg kg^{-1})	Ureaz ($\mu\text{g NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ k.t. s}^{-2}$)	Alkali fosfataz ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ k.t. s^{-1})	β -glukosidaz ($\mu\text{g PNG g}^{-1} \text{ k.t. s}^{-1}$)	Bakteri sayısı ($\times 10^5 \text{ kobg}^{-1}$)							
	18T	18RT	18T	18RT	18T	18RT	18T							
P0	7.06a ¹	388.00	611.60	1.98cE	2.35cE	41.77E	178.91 abcAB	58.81	96.78	109.55	89.90	1.73bF	5.30cEF	
P0+B	7.04aA	463.20	693.20	2.23bcE	5.05bcd	44.75E	160.28 abcAB	59.12	66.94	92.36	87.47	4.49bEF	14.09bcDE	
P25	7.06aA	5.78abD	344.20	586.60	2.79abcE	7.16abAB	62.27E	191.96abAB	80.17	77.48	144.40	122.66	5.01bEF	17.83abcBC
P25+B	7.04aA	6.17abB	323.00	410.80	3.19aDE	5.01bcd	78.29DE	232.58aA	81.43	74.89	113.49	103.25	3.31bEF	23.79abcAB
P50	7.10aA	5.62abE	343.80	604.20	3.12abE	6.25abAB	56.68E	134.57 abcBC	71.71	82.37	125.90	89.74	4.15bEF	36.56aA
P50+B	7.08aA	5.42bF	399.20	433.20	3.40aDE	5.59abBC	70.84E	87.98bcdE	70.49	82.56	106.03	85.71	12.36aDE	17.38abcCD
P75	7.10aA	5.76abD	301.80	525.80	2.70abcE	6.43abAB	77.18E	96.93bcd	67.26	76.90	104.90	93.42	14.24aDE	21.74abcBC
P75+B	7.07aA	6.02abC	424.80	567.40	2.72abcE	5.63abBC	57.42E	204.26abAB	64.12	88.42	121.21	82.53	14.44aDE	32.13abAB
PR	6.73bAB	6.44aB	312.40	603.00	2.94abE	6.60abAB	58.54E	66.00cE	48.24	61.91	123.45	94.56	14.29aDE	30.90abAB
PR+B	6.71bAB	6.31aB	266.20	623.40	2.50abcE	7.87aA	56.31E	60.78cE	49.47	64.21	132.00	105.71	14.18aDE	27.12abAB
LSD	6.47*** ²	1.70* ³	ÖD ⁴	ÖD	2.32*	3.46*** ⁵	ÖD	2.65*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	5.31***	2.52* ⁶

¹ Küçük harfle gösterilen değerler aynı sütun üzerindeki farklılıklar, büyük harfle gösterilen değerler aynı parametreler üzerindeki farklılıklar olup değerler arasındaki farklar %5 düzeyinde önemsizdir.

²*** %0.1 düzeyinde önemsizdir ($p < 0.001$).

³* %5 düzeyinde önemsizdir ($p < 0.05$).

⁴Ö.D. önemli değil

⁵*** %1 düzeyinde önemsizdir ($p < 0.01$).

5. SONUÇ

Ülkemiz örtüaltı domates yetiştiriciliğinde mikrobiyal gübreler henüz çok yaygın olarak kullanılmasa da olumsuz toprak koşullarını iyileştirici etkilerinin olduğu bilinmektedir. Fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübreler olumsuz toprak koşullarında (yüksek pH, yüksek kireç vb.) yarayışsız formda bulunan fosforu bitkiler için yarayışlı forma çevirerek toprak çözeltisine geçmesini sağlayabilmektedir. Fosfor çözücü bakterilerin ülkemiz örtüaltı domates yetiştiriciliğindeki kullanım potansiyelinin net bir biçimde ortaya konması ve bazı bilgi eksikliklerinin giderilmesi için yürüttüğümüz bu çalışma ile bu gübrenin toprağın bazı biyolojik özellikleri ile domates bitkisinin gelişimi ve beslenme durumu üzerine etkileri incelenmiştir.

Çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara göre; fosfor çözücü bakterileri içeren mikrobiyal gübre uygulaması ile toprağın kimi mineral besinlerce zenginleştiği, bakteri sayısı ve aktivitelerinin arttığı ve domates bitkisinin de toprak ortamındaki iyileşmeye bağlı olarak daha iyi beslenerek verim ve kalitesinin arttığı tespit edilmiştir. Daha ayrıntılı olarak ifade etmek gerekirse; toprağın alınabilir P, değişebilir K, Mg, Na ve alınabilir Zn, Mn ve Cu (Fe hariç) kapsamının genel olarak PR+B uygulaması ile diğer gübre uygulamalarına göre daha fazla arttığı belirlenmiştir. Toprak örneklerinde alkali fosfataz aktivitesi ve bakteri sayısının ise genel olarak fosforlu gübrelerin tek başına ya da bakterili olarak (P25, P75 ve P25+B, P75+B) uygulamaları sonrası daha fazla artış gösterdiği tespit edilmiştir. Domates rizosfer toprağı (18RT) ile normal toprak (18T) kıyaslandığında rizosfer toprağının alınabilir P, üreaz enzim aktiviteleri ile bakteri sayısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Toprak pH'sı açısından değerlendirildiğinde 18RT örneklerinin daha düşük değerler gösterdiği görülmüştür. Diğer taraftan domatesin K (PR+B), Ca (P75+B) ve Na (P75, P75+B, PR ve PR+B) konsantrasyonlarının artış gösterdiği belirlenmiştir. Domates verimi ve ortalama meyve sayısını P75 uygulamaları, bitki kuru ağırlığını ise P50 uygulamaları diğer uygulamalara göre daha fazla artırmışlardır. Uygulamaların fosfor etkinlik düzeylerine olan etkileri kıyaslandığında P25 düzeyinde bakterisiz uygulamalar en yüksek etkinliği gösterirken, P50 düzeyinde bakterili uygulamalar bakterisiz uygulamalara göre daha yüksek fosfor etkinliği ortaya koymuşlardır. Özetlemek gerekirse bakterilerin parametreler üzerine etkileri değişkenlik göstermektedir. Ancak toprağın biyolojik özellikleri ile domates mineral besin konsantrasyonları üzerine bakteri ilavesi yapılmış fosforlu gübre uygulamalarının daha etkili olduğu saptanmıştır.

Başta Antalya olmak üzere ülkemizin diğer önemli örtüaltı domates yetiştiriciliği yapılan bölgelerinde mikrobiyal gübrelerin kullanımı ve etkinliği konusunda bilgi eksikliği bulunmaktadır. Oysa toprakta yarayışsız konuma geçen ve birikme eğiliminde olan fosforu kimyasal gübreler ile her yıl toprağa vermek yerine fosfor çözücü bakteri ihtiva eden preparatlar ile var olanı yarayışlı hale getirmek, gübre maliyetlerini bir miktar aşağı çekebilecektir. Fosfor çözücü bakteri preparatlarının toprağa doğru zaman ve uygun şekilde uygulanması bu gübrenin etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca kök bölgesinde faydalı mikroorganizma miktarının uygulanan biyolojik preparatlar ile artırılması bitkiye ve yetiştirme ortamına dolaylı yünden birçok fayda sağlayacaktır. Bakteri içerikli gübrelerle ek olarak organik kaynaklı gübre uygulamaları bakteri performansını olumlu yönde etkileyecektir. Faydalı mikroorganizmaların varlığı ile patojenlere karşı bir rekabet ortamı sağlanarak birçok patojenin etkisi kısıtlanacaktır. Ayrıca toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak birçok özelliği ıslah

edilebilecektir. Önemli maliyetlere sahip kimyasal gübre ve ilaçların maliyetlerinin düşürülmesi yanında bu girdilerin etkileri de artacaktır. Diğer taraftan fosfor çözücü bakterileri içeren mikrobiyal gübrelerin topraktaki uzun süreli etkisinin farklı bitkiler içeren tarla ve sera denemeleri ile belirlenmesi bu gübrenin üreticiler ve tarım camiası tarafından tanınırlığını ve kullanımının yaygınlaşmasını sağlayabilecektir. Tarımda mikrobiyal gübrelerin rolünün artması ve yaygınlaşması kimyasal gübre gereksinimini ve çevreye olan olumsuz etkilerini azaltarak toprakta mikrobiyal flora destek sağlayacaktır. Ancak geniş çevre koşullarında, farklı bitkilerde yüksek etkinlik gösterecek özel birleşimlerin geliştirilmesi ve yerli suşlar üzerinde yapılan çalışmaların artırılması gerektiği düşünülmektedir. Biyolojik gübrelemede temel düşünce tarımsal sürdürülebilirliğin desteklenmesi, doğal kaynakların ve çevrenin korunması, ürün kalitesinin yükseltilmesi için kimyasal kullanımının azaltılmasıdır. Mevcut durumda mikrobiyal gübreler tek başına kimyasalların yerini tutmamakta, ancak kullanım oranlarını azaltmakta ve ekolojik tarıma destek olmaktadır.

Sonuç olarak; çevremizi ve doğal kaynaklarımızı korumaya, tarım arazilerimizin sürdürülebilirliğini ve verimliliğini arttırmaya yönelik ilginin her geçen gün artması sebebiyle, elde edilen olumlu neticeler de dikkate alınarak, biyogübre kullanımının ülkemiz ve dünya tarımının geleceği için faydalı olacağı düşünülmektedir. Yapılan çalışmanın çiftçi düzeyinde ve arazi ortamında, organik gübre uygulamaları ile geliştirilmesinin, elde edilen sonuçları destekleyeceği düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilmiş sonuçlar ışığında, fosfor çözen bakterileri içeren preparatların fosforlu gübrelerin etkinliğini arttırarak tarımsal üretim maliyetlerini düşürmesi, daha az gübre kullanımı ile çevre ve insan sağlığını koruması sebebi ile kullanımının teşvik edilmesi önemlidir. Bu çalışmanın ileride yapılması düşünülen daha detaylı çalışmalara temel oluşturacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- ABEL, S., TICCONI, A. C. and DELATORRE, A., C., 2002. Phosphate Sensing in Higher Plants. *Physiologia Plantarum*, 115: 1-8.
- ADAMS, F., 1974. Soil Solution. In: Carson EW (ed) The Plant Root and its Environment. University Press of Virginia, Charlottesville, Virginia, pp. 441-481.
- AHEMAD, M. and Khan, M.S., 2011. Functional Aspects of Plant Geowth Promoting Rhizobacteria: Recent Advancements. *Insight Microbiology*, 1 (3): 39-54.
- ALTIN, N. ve BORA, T., 2005. Bitki Gelişimini Uyaran Kök Bakterilerinin Özellikleri ve Etkileri. *Anadolu J. of A.ARI.*, 15 (2): 87-103, MARA.
- ALTOMARE, C. , NORVELL, W. A, BJÖRKMAN, J. and HARMAN, G. E., 1999. Solubilization of Phosphates and Micronutrients by the Plant Growth Promoting and Biocontrol Fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Apple Environ. Microbiol.*, 165, 2926-2933.
- ANONİM, 2013. Bitki Besleme ve Toprak Araştırma Grubu: [https://www.tarim.gov.tr/TAGEM/Belgeler/SUNULAR/BitkiBesleme ve Toprak_Kadriye%20Kalinacak.pdf](https://www.tarim.gov.tr/TAGEM/Belgeler/SUNULAR/BitkiBesleme_ve_Toprak_Kadriye%20Kalinacak.pdf). (Son erişim tarihi: 07.02.2015)
- ANONİM, 2014. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral Gübreler ve Toprak Düzenleyiciler ile Mikrobiyal, Enzim İçerikli ve Organik Kaynaklı Diğer Ürünlerin Üretimi, İthalatı ve Piyasaya Arzına Dair Yönetmlik. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Resmi gazete, sayı: 28956.
- AON, M.A. and COLANERI, A.C., 2001. Temporal and Spatial Evolution of Enzymatic Activities and Physico-Chemical Properties in an Agricultural Soil. *Applied Soil Ecology*, 18 (3): 255-270.
- ASLANTAŞ, R., KARAKURT, H., KÖSE, M., ÖZKAN, G. ve ÇAKMAKÇI, R., 2007. Bazı Bakteri Irklarının Çilekte Fide Üretimine Etkileri. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, ss. 54-60, 28 Haziran - 1 Temmuz, Erzurum.
- AŞKIN, A., BAYRAM, Y. ve TURABİ, S.M., 2014. Mikrobiyal Gübre ve Bitki Koruma Ürünü Olarak Mikroorganizmaların Kullanımı. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, ss. 49-56, 23-24 Ekim, Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkez, Katamonu.
- AYHAN, B., EKMEKÇİ, Y. ve TANYOLAÇ D., 2006. Bitkilerde Ağır Metal Zararları ve Korunma Mekanizmaları. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7. (1): 1-16.
- BENSON, D.R. and SILVESTER W.B., 1993. Biology of Frankkia Strains,

- Actinomycete Symbionts of Actinorhizal Plants. *Microbiological Reviews*, 57: 293-319.
- BİLEN S. ve SEZEN Y., 1993. Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Elementleri Elverişliliği Üzerine Etkisi. *Atatürk Ü. Zir. Fak. Der.*, 24 (2): 156-166.
- BİLEN, S., 2014. Mikrobiyal Gübrelemede Toprak Özellikleri ve Çevre Şartları. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, ss. 95-102. 23-24 Ekim. Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkezi, Katamonu.
- BLACK, C. A., 1957. Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons, Inc., Newyork.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part:2. Amer. Soc. Of Agronomy Inc., Publisher Madisson, pp. 1372-1376, Wisconsin, USA.
- BOUYOUCOS, G.J., 1951. A Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils, *Agronomy Journal*, 43 (9): 434-438.
- BOUYOUCOS, G.J., 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils, *Agronomy Journal*, 4 (9): 434.
- BORKEN, W., Y.J. XU, E.A. DAVIDSON, and BEESE, F., 2002. Site and After Numerous Wetting and Drying Events. Temporal Variation of Soil Respiration in European Beech, Norway Spruce and Scots Pine Forests. *Global Change Biol.*, 8: 1205–1216.
- BREWSTER, J.L., BHAT, K.K. and NYE, P.H., 1976. The Possibility of Predicting Solute Uptake and Plant Growth Response From Independently Measured Soil and Plant Characteristics. V. The Growth and Phosphorus Uptake of Rape in Soil at a Range of Phosphorus Concentrations and a Comparison of Result with the Predictions of a Simulation Model. *Plant and Soil*, 44: 295-328.
- BURNS, Roger G., 1978. Soil Enzyme. Academic Press, London, New York.
- CHEN, B.S., HONG, J.J. and ZHOU, Y., 1998. Application of Active Microbial Fertilizer Biol. I.F.E.T. to Cotton Fields. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 3: 47-49.
- CHEN, C.Y. and XOING, S.G., 1997. The Present and Development of Microbial Fertilizer. *Journal of China Agricultural University (in Chinese)*, 2: 12-15.
- CHET, I. and CHERNIN, L., 2002. Biocontrol Microbial Agents in Soil. IN: Bitton G (ed), *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. Jhon Willey and Sons Inc., pp. 45-465. Newyork, USA.
- CUNNINGHAM, J.E. and KUIACK, C., 1992. Production of Citric and Oxalic Acids and Solubilisation of Calcium Phosphate by *Penicillium bilaii*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58: 1451–1458.

- ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Ankara. Sayı:10.
- ÇAKMAKÇI, R., 2005.Bitki Gelişimini teşvik eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 36 (1): 97-107.
- ÇAKMAKÇI, R. ve ERDOĞAN, Ü., 2005. Organik Tarım. Atatürk Üniversitesi İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu DersYayınları: 2, Ders Kitabı, Ankara.
- ÇAKMAKÇI, R., KUTLU, M., ERTÜRK, Y., DÖNMEZ, M.F., ERAT, M., SEKBAN, R. ve HAZNEDAR, A., 2012. Azot Fikseri ve Fosfat Çözücü Bakterilerin Muradiye 10 Çay Klonunda Gelişme, Verim ve Besin Alımı Üzerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2): 176-18.
- ÇAKMAKÇI, R., 2014. Mikrobiyal Gübre Olarak Kullanabilecek Mikroorganizmaların Etki Mekanizmaları ve Özellikleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, ss. 5-18. 23-24 Ekim. Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkezi, Katamonu.
- ÇENGEL, M., 2006. Toprak Mikrobiyolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 558, İzmir, 159 s.
- DAROUB, S. H., GERAKIS, A., ITCHIE, J. T., FRIESEN, K. D. and RYAN, J., 2003. Development of A Soil-Plant Phosphorus Simulation Model for Calcareous and weathered tropical soils Volume 76, Number 3, June 2003, pp. 1157-1181.
- DENG, B.X., ZHANG, J.C. and ZHOU, G.L., 1993. Applied Effects of Biological Complex Fertilizers on Orange. *Hubei Agricultural Sciences*, 8: 16-19.
- DE SILVA, G.E.I., HYNES, R.K. and NELSON, L.M., 2006. Role of the Cytokinins in Plant Growth Promotion by Rhizosphere Bacteria. PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Edited by Zaki A. Siddiqui, 173-195. Springer, The Netherlands.
- DICK, R.P. RASMUSSEN, P.E. and KERLE, E.A. 1988. Influence of Long-term Residue Management on Soil Enzyme Activity in Relation to Soil Chemical Properties of a Wheat-fallow System. *Biology and Fertility of Soils*, 6: 159-164.
- EGAMBERDIYEVA, D., HÖFLICH, G., 2003. Influence of Growth-Promoting Bacteria on the Growth of Wheat in Different Soils and Temperatures. *Soil Biology & Biochemistry*, 35: 973-978.
- EKBERLİ, İ., KIZILKAYA, R. ve KARS, N., 2009. Organik Atıkların Toprakta Üreaz Aktivitesine Ait Termodinamik Parametrelere Etkisi. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 24 (1): 44-53.
- ERTÜRK, Y., ÇAKMAKÇI, R., DUYAR, Ö. ve TURAN, M., 2009. Fındık Bitkisinde PGPR Uygulamalarının Bitki Gelşimi ve Yapraktaki Besin Elementi İçeriğine Etkilerinin Belirlenmesi. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, ss. 511-516,

28 Haziran, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.

- EŞİTKEN, A., KALIDAĞ, H., ERCİŞLİ, S., TURAN, M. and ŞAHİN, F., 2003. The Effects of Spraying a Growth Promoting Bacterium on the Yield, Growth and Nutrient Element Composition of Leaves of apricot(*Prunus armeniaca* L.cv. Hacihaliloglu). *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 377-380.
- FALLIK, E., SARIG, S. and OKON, Y., 1994. Morphology abd Physiology of plant rootsassociated with Azospirillum. In *Azospirillum/Plant Associations*. ED. Y.Okon. CRC Press Boca Raton, pp. 77-86. FL, USA.
- FOX, R.L., DATTA S.K. and WANG I.M., 1965. Phosphorus and Aluminum Uptake by Plants From Lotosols in Relation to Liming Trans, gth. InL. Congr. *Soil Sci.*, 4: 595-603.
- GAUR, A.C., and OSTWAL, K.P., 1972. Influence of Phosphate Dissolving Bacilli on Yield and Phosphate Uptake of Wheat Crop. *Indian J. Exp. Biol.*, 10: 393-394.
- GAVRİLOVA, A.N., SHIMKO, N.A. and SAVCENKO, V.F., 1973: Dynamics of Organic Phosphorus Compounds and Phosphatase Activity in Pale Yellow Sod – Podzolic Soil. *Soviet Soil Sci.*, 3: 320-328.
- GE, C. and WU, W., 1994. The Production, Application abd Problem of Chinese Microbial Fertilizer. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 10: 24-28.
- GERALDSON, C.M., KLACAN, G.R., and LORENZ, O.A., 1973. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Vegetable Crops, Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science of America Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- GLICK, B.R., PATTEN, C.L., HOLGUIN, G. And PENROSE, D.M., 1999. Biochemical and Genetic Mechanisms Used by Plant Growth Promoting Bacteria. Imperial College Press, UK.
- GÖK, M., DOĞAN, K., COŞKAN, A. ve ARIÖĞLU, H., 2005. Yerfıstığı Bitkisinde Bakteriyel Aşılama ile Demir ve Molibden Uygulamalarının Nodülasyon, N2-Fiksasyonu ve Verime Etkisi. IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 21-23 Eylül, ss. 844-852. Şanlıurfa.
- GRAHAM, P.H. and VANCE, C.P., 2000.Nitrogen Fixation in Perspective: An Overview of Research and Extension Needs. *Field Crop Research*, 65: 93-106.
- GYANESHWAR, P., KUMAR, G.N, PAREKH, L.J. and POOLE, P.S., 2002. Role Of Soil Microorganisms in Improving P Nutrition Of Plants. *Plant and Soil*, 245: 83-93.
- GÜNEŞ, A., TURAN, M., GÜLLÜCE, M., ŞAHİN, F. ve KARAMAN, M.R., 2013. Farklı Bakteri Uygulamalarının Kaya Fosfatının Çözünürlüğü Üzerine Etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 2 (1): 53-61.

- HIGA, T., 1996. A Earth Saving Revolution-A Means to Resolve Our Problems Through Effective Microorganisms (EM). Sunmark Publishing Inc., Japan, 336 p.
- HIZALAN, H., 1971. Toprak Organizmaları. Ankara Ün. Ziraat Fakültesi Yayınları No. 451. Yardımcı Ders Kitabı No.153. ss. 19-20. Ankara.
- HOLFORD, I. C .R., 1997. Soil Phosphorus- its Measurement and its Uptake by Plants. Aust. J. Soil Res., 35 (2): 227-239.
- HRIDYA, A.C. and BYJU, G., 2014. Effect of Chemical Fertilizer and Microbial Inoculations on Soil Properties in Cassava (Manihot esculenta) Growing Vertisols of Tamil Nadu. July. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84: 860-866.
- JACKSON, M. L., 1967. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- JORDAN, D. and KREMER, R.J., 1994: Potential Use of Soil Microbial Activity as an Indicator of Soil Quality. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. and Grace, P.R. (Eds.): Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems, CSIRO, pp. 245 – 249, Australia.
- JUMA, N.G and TABATABAI, M.A. 1977. Effects of Trace Elements on Phosphatase Activity in Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J. Vol.*, 41: 343-346.
- KACAR, B ve İNAL, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları No: 1241, Ankara.
- KACAR, B., 1995. Toprak Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara, 705 s.
- KAPULNIK, Y. and OKON, Y., 2002. Plant Growth Promotion by Rhizobacteria. In waisel Y, Eshel A., Kafafi U. (eds) Plant Roots: The Hidden Half, Third Edn. Marcel Dekker, Newyork. pp. 869-886. ISBN: 978-08247-0631-9.
- KARAÇAL, İ. ve TUFENKÇİ, Ş., 2010. Bitki Beslemee Yeni Yaklaşımlar ve Gübre-Çevre İlişkisi. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı1-2. 11-15 Ocak, Ankara, 257 s.
- KARAKÖSE, M., 2011. Atık Mantar Kompostunun Lignoselülozik Enzim Kaynağı Olarak Kullanımı, İzmir Ege Lisesi, İzmir.
- KARAKURT, H., 2006. Bazı Bakteri Irklarının Elmada Meyve Tutumu, Meyve Özellikleri ve Bitki Gelişmesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 86 s.

- KARLIDAĞ, H., YILDIRIM, E., TURAN, M. ve DÖNMEZ M.F., 2009. Bazı Bitki Büyümesini Artıran Fosfor Çözücü Bakterilerin Çilekte Bitki Büyümesi ve Besin Maddesi İçeriğine Etkisi. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 353-358, 28 Haziran, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- KATIRCIOĞLU H., 2014. Mikrobiyal Gübre Sekonder Metabolitleri ve Roller. Mikrobiyal Gübre Çalıştay, 29-32, 23-24 Ekim, Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkezi, Katamonu.
- KELLOG, C. E., 1952. Our Garden Soils. The Macmillan Company, Newyork.
- KHAN MS., ZAIDI, A. and WANI, P.A., 2006. Role of Phosphate Solubilizing Microorganisms in the Sustaniable Ariculture-A reviev. *Agron. Sustaniable Dew.*, 27: 29-43.
- KIM, K.Y., JORDAN D. and MCDONALD, G.A., 1998. Effect Of Phosphate-Solubilizing Bacteria and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae on Tomato Growth and Soil Microbial Activity. *Biol. Fertil. Soils*, 26: 79-87.
- KIRCHNER, M.J., WOLLUM, A.G. II and KING, L.D., 1993. Soil Microbial Populations and Activities in Reduced Chemical input Agro-Ecosys- Tems. *Soil Sci. Am. J.*, 57: 1007-1012.
- KISS, S., STEFANIC, G. and DRAGAN - BULARDA, M., 1974: Soil Enzymology in Romania (part I). pp. 207 – 219. Contrib. Bot. Cluj, Romania.
- KLOEPPER, J.W., LIFSHITZ, K. and SCHROTH, M.N., 1988. *Pseudomonas* Inoculants to Benefit Plant Production. *ISI Atlas Sci. Anim. Plant Sci.*, 1 (1): 60-64.
- KORKMAZ, K., İBRİKCİ, H., KARNEZ, E., BÜYÜK, G., ULGER, A. C., YAĞBASANLAR, T., OGUZ H. and KONUŞKAN O., 2004. Wheat Responses to Phosphorus Fertilizer Application on Calcareous Soils Under Greenhouse Conditions. Proceedings of the International Soil Congresss. (CD-Book), Erzurum, Turkey.
- KUCEY, R.M.N., JANZEN, H.H., and LEGGETT, M.E., 1989. Microbially Mediated Increases in Plant-Available Phosphorus. *Adv Agron.*, 42: 199-228.
- KÜÇÜK, Ç. , KIVANÇ, M. , KINACI, E. and KINACI, G., 2008. Determination of the Growth and Solubilization Capabilities of *Trichoderma harzianum* T1. *Biologia*, 63: 167- 170.
- LAIC, C.M., LIV, 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, p.1382, Thailand.
- LEYTEM, A. B. and WESTERMANN, D. T., 2003. Phosphate Sorption by Pacific

Northwest Calcareous Soils. *Soil Science*, 168 (5): 368-375.

LEYVAL, C. and BERTHELIN J., 1989. Interaction Between *Laccaria laccata*, *Agrobacterium radiobacter* and Beech Roots: Influence on P, K, Mg and Fe Mobilization from Minerals and Plant Growth. *Plant and Soil*, 117: 103-110.

LI, J., 2001. Microbial Fertilizer Research [J]. *Biology Bulletin*, 36 (7): 5-7.

LI, J., 2009. Research Papper Center. http://eng.hi138.com/science-papers/science-other-papers/200909/75514_the-effect-of-microbial-fertilizer-and-broad-prospects-for.asp. (Son erişim tarihi: 15.01.2015)

LI, Z. and ZHANG, H., 2001. Application of Microbial Fertilizers in Sustaniable Agriculture. *Journal of Crop Production*, 3 (1): 337-347.

LINDSAY, W.L. and NORWELL, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science America Journal.*, 42 (3): 421-428.

LOUE, A., 1968. Diagnostis Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agronomiques, 31-41 p.

LUCY, M., REED, E. and GLICK B.R., 2004. Application of Free Living Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek, 86: 1-25. *Kluver Academic Publisher*, Netherlands.

MAAS, E.V. and HOFFMAN, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance-current Assessment. *Journal of Irrigation and Drainage*, ASCE: 115-134.

NANNIPIERI, P., CERVELLI, S. and PEMA, A., 1973: Enzyme Activities in Some Italian Soils. *Agric. Ital. Pisa*, 73: 367 – 376.

NELSON, D.W. and SOMMERS, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney D.R. (Editors), *Methods of Soil Analysis*. 2nd Ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron., pp. 539-579, Madison, WI.

NYE, P.H., 1986. Acid-Base Changes in the Rhizosphere. *Adv. Plant Nutr.*, 2: 129-153.

OKUR, N. ve ÇENGEL, M., 1995. Tarımsal Kökenli Organik Atıklar (Prına, Cibre ve Karasu) ile Çöp Gübresinin Toprak Solunumu ve Bazı Toprak Enzimleri Üzerine Etkileri. İlhan Akalan Toprak Ve Çevre Sempozyumu, Cilt 2, 5168-178. 27-28 Eylül. Ankara.

OKUR, N., KAYIKÇIOĞLU H.H., TUNÇ, G. ve TÜZEL, Y., 2007. Organik Tarımda Kullanılan Bazı Organik Gübrelerin Topraktaki Mikrobiyal Aktivite Üzerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44 (2): 65-80.

- OKUR, N., 2014. Bitki Gelişimini Hızlandıran Rizobakterlerin (PGPR) Mikrobiyal Gübre Olarak Etki Şekilleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, 49-56, 23-24 Ekim. Ilgaz Dağı Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynaklar Araştırma ve Eğitim Merkezi, Katamonu.
- OLSEN, S.R. and SOMMERS, E.L., 1982. Phosphorus Availability Indices. Phosphorus Soluble in Sodium Bicarbonate Methods of Soils Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Editors: A.L. Page. R.H. Miller. D.R. Keeney, 404- 430 p.
- OSBORNE, L.D. and RENGEL, Z., 2002. Genotypic Differences in Wheat for Uptake and Utilization of P From Iron Phosphate. *Aust. J. Agric. Res.*, 53: 837-844.
- ÖZBEK, N., 1975. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Ankara Ü.Z.F. Yayınları: 525, Ders Kitabı: 175, Ankara.
- ÖZDEMİR, N., KIZILKAYA, R. ve SÜRÜCÜ, A., 2000, Farklı Organik Atıkların Toprakların Üreaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 37:23-26.
- ÖZYILMAZ, Ü. ve BENLİOĞLU, K., 2012. Fosfat Çözen Bakterilerin Pamuk Bitkisinin Gelişimine ve *Verticillium* Solgunluğu'na Etkileri. *Türk. Biyo. Muc. Derg.*, 3 (1): 47-62.
- 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.
- PENG, S.P. and YE, F.J., 1995. Applied Effects of Silicate Bacterial Agent on Cotton. *Hubei Agricultural Sciences*, 2: 34-35.
- PIZER, N.H., 1967. Some Advisory Aspect. Soil Potassium and Magnesium Tech. Bull. No.14, 184 p.
- PRAMANIK P., GHOSH G. K., GHOSAL P. K. and BANIK P., 2007. Changes in Organic – C, N, P and K and Enzyme Activities in Vermicompost of Biodegradable Organic Wastes Under Liming and Microbial Inoculants. *Bioresource Technology*, 98: 2485-2494.
- RAVIKUMAR S., SHANTHY S., KALAIARASI A. and SUMAYA S., 2010. Effect of Halophilic Phosphobacteria on Seedlings *Avicennia Officinalis*. *Annals of Biological Research*, 1 (4): 254-260.
- RILEY, D. and BARBER, S.A., 1971. Effect of Ammonium and Nitrate Fertilization on Phosphorus Uptake as Related to Root-Induced pH Changes at the Root-Soil Interface. *Soil Sci.Soc. Am. Proc.*, 35: 301-306.

- RODRIGUEZ, H. and FRAGA R., 1999. Phosphate Solubilizing Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion. *Biotechnol. Adv.*, 17: 319 – 339.
- SARAPATKA, B., 2003. Phosphatase Activities (ACP, ALP) in Agroecosystem Soils. Doctoral thesis. Swedish University, Agricultural Department of Ecology and Crop Production Science, Uppsala. ISSN 1401-6249 ISBN 91-576-6403-X.
- SCHACHTMAN, P. D., REID, J. R., and AYLING, S. M., 1998. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiol.*, 116: 447-453.
- SCHLOTER, M., WIEHE, W., ASSMUS, B., STEINDL, H., BEKKE, H., HOFlick, G., HARTMAN, A., 1997. Root Colonization of Different Plants by Plant Growth Promoting Rhizobium leguminosarum bv Trifolii R39 Studied with Monospecific Polyclonal Antisera. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63: 2038–2046.
- SCHIPPERS, B., BAKKER, A.W. and BAKKER, P.A., 1987. Interactions of Deleterious and Beneficial Rhizosphere Microorganisms and the Effect of Cropping Practices. *Annual Review of Phytopathology*, 15: 339-358.
- SHARMA, B. C., SUBBA, R. and SAHA, A., 2012. In Vitro Solubilization of Tricalcium Phosphate and Production of IAA by Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated From Tea Rhizosphere of Darjeeling Himalaya. *Plant Sciences Feed*, 2 (6) : 96-99.
- SHIBATA, R. and YANO, K., 2003. Phosphorus Acquisition From Non-Labile Sources in Peanut and Pigeonpea with Mycorrhizal Interaction. *Applied Soil Ecology*, 24: 133-141.
- SHIN, H., SHIN, H. S., DEWBRE, G. R., and HARRISON, M., 2004. Phosphate Transport in Arabidopsis: Pht1;1 and Pht1; 4 Play A Major Role in Phosphate Acquisition from Both Low and High Phosphate Environments. *The Plant Journal*, 39: 629-642.
- SHIRKOT, C.K. and SHARMA, N., 2006. Growth Promotion of Apple Seedlings by Plant Growth Promoting Rhizobacterium (Bacillus megaterium). *Acta Horticulturae* 696: VII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics- Part Two.
- SMITH, J.L., PAPENDICK, R.I., BEZDICEK, D.F. and LYNCH, J.M., 1993. Soil Organic Matter Dynamics And Crop Residue Management. *Soil Microbial Ecology.*, 26: 65-94.
- SOIL SURVEY STAFF, 1951. Soil Survey Manual. Agricultural Research Administration, U.S. Dept. Agriculture, Handbook No:18.
- SPEIR, T.W. and ROSS, D.J., 1978. Soil Phosphatase and Sulphatase. In: Burns, R.G. (Ed.): Soil Enzymes, pp. 197-250, Academic Press, London.

- SRIVASTA, B.K., SINGH, M.P., SINGH, S., SHAHI, U.P., SRIVASTA, P. and LATA, S., 2011. Evaluation of INM Options on Crop Performance and Soil Fertility Under Tomato-Green Manure-Brinjal Cropping System. *Indian Journal Of Horticulture*, 1: 66-70.
- SUBBA RAO, N.S., 1982. Advances in Agricultural Microbiology. In: Subba Rao N.S. Ed., Studies in the Agric. and Food Sci. Butterworth Scientific, pp. 295–303, London.
- ŞAHİN, E., KARAGÖZ, K., ÇAKMAKÇI, R. ve TOSUN, M., 2010. Azot Fiksasyonu ve Fosfat Çözücü Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteri Aşılamaalarının Arpa Gelişimine Etkisi, Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 45 -49, 28 Haziran -1 Temmuz. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Erzurum.
- TABATABAI, MA., 1982. Soil Enzymes, Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph No:9 (2nd ed.) pp. 903-943, ASA-SSSA. Madison, Wisconsin. USA.
- TAMER, N. ve KARACA, A., 2004. Gıda' nın Toprakta Enzim Aktiviteleri ile Kadmiyum Kapsamı Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 48 s.
- TARAFDAR, J.C. and JUNGK, A., 1987. Phosphatase Activity in the Rhizosphere and its Relation to the Depletion of Soil Organic Phosphorus. *Biol. Fertil Soils.*, 3: 199-204.
- TAŞDEMİR, G.B., 2006. Değişik Azot ve Çinko Dozlarının Buğday Bitkisinde Büyüme ve Verim Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 77 s.
- TEJERA, N., LLUCH, C., MARTÍNEZ-TOLEDO, M.V. and GONZALEZ-LOPEZ, J., 2005. Isolation and Characterization of Azotobacter and Azospirillum Strains from Sugarcane Rhizosphere. *Plant and Soil*, 270 (1-2): 223-232.
- THUN, R., HERMANN, R. and KNICKMAN, E., 1955. Die Untersuchung Von Boden. Neuman Verlag, , pp. 48-48, Radelbeul und Berlin.
- TIWARI, S.C., 1996, Effects of Organic Manure And N P K Fertilization on Enzyme Activities and Microbial Populations in Subtropical Oxisol, 9:2, 334-340;25.
- TODAR, K., 2008. Todar's Online Textbook of Bacteriology, Madison, Wisconsin. http://textbookofbacteriology.net/kt_toc.html. (Son erişim tarihi: 24.03.2015)
- TOPTAŞ, D., 2005. İki Farklı Organik Substratın Toprak Fosfataz Enzim Aktivitesine ve Fosfor Mineralizasyonuna Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 137 s.
- TURAN, M., ATAÖĞLU, N. ve SEZEN, Y., 2004. Fosfor Çözücü Bakterinin (*Bacillus*

megaterium) Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Bitkisinin Verimi ve Fosfor Alımı Üzerine Etkileri, Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, ss. 939-944, 11-13 Ekim, Tokat.

TURAN, M., ATAÖĞLU, N. and ŞAHİN, F., 2007. Effects of *Bacillus* FS-3 on Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Plants and Availability of Phosphorus in Soil. *Plant Soil Environ.*, 53(2): 58–64.

TÜFENKÇİ, Ş., TÜRKMEN, Ö., SÖNMEZ, F., ERDİNÇ, Ç. and ŞENSOY, S., 2006. Effects of Humic Acid Doses and Application Times on the Plant Growth, Nutrient and Heavy Metal Contents of Lettuce Grown on Sewage Sludge-applied Soils. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15 (4): 295-300.

TÜRKMEN, Ö., BOZKURT, A. M., YILDIZ, M., and ÇİMRİN, M., 2004. Effects of Nitrogen and Humic Acid applications on the Head Weight , Nutrient and Nitrate Contents in Lettuce. *Advances in Food Sciences*, 26 (2): 59-63.

UDDIN, M., HUSSAIN, S., KHAN, M.M.A., HASHMI, N., IDREES, M., NAEEM, M. and DAR, T.A., 2014. Use of N and P Biofertilizer Reduces Inorganic Phosphorus Application and Increases Nutrient Uptake, Yield and Seed Quality of Chickpea. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 47-54.

ÜNLÜ, H. ve PADEM, H., 2009. Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü Kullanımının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *Ekoloji*, 19 (73): 1-9.

VANCE, C.P., 1998. Leguma Symbiotic Nitrogen Fixation: Agronomic Aspects. IN H.P. Spaink, A. Kondorosi, and P.J.J. Hooykaas (eds.) *The Rhizobiaceae*, pp.509-530. Dordrecht, the Netherlands: Kluwe Academic Publishers.

VASSILEV, N., VASSILEVA, M. and NIKOLAEVA, I., 2006. Simultaneous P-Solubilizing and Biocontrol Activity of Microorganisms: Potentials and Future Trends. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71: 137-144.

WU, G.Y. and LI, H.Q., 1994. The Application and Function of Antibiotic Bacterial Fertilizer. *Soil Fertilizer*, 3: 45-46.

WU, S.C., CAO, Z.H., LI, Z.G., CHEUNG, K.C. and WONG, M.H., 2005. Effects of Biofertilizer Containing N-Fixer, P and K Solubilizers and AM Fungi on Maize Growth: A Greenhouse Trial. *Geoderma*, 125: 155-166.

XIONG, C.C., LI, X., WANG, H.Q. and WU, J.C., 1993. Applied Effects of Biological Potassium Fertilizer on Paddy Soils of Red Soil in South Hubei. *Hubei Agricultural Sciences*, 6: 11-13.

XU, Z.Y., ZHANG, J.O., HE, F.E., ZHANG, C.S. and YANG, A.Q., 1991. The Effect of Liquid Preparation of *Bacillus cereus* on Rape (*Brassica napus* L.). *Oil Crops of China*, 4:55-58

- YADAV, K. S. and DADARWAL, K.R., 1997. In: DADARWAL, K.R, Ed., 1997. Biotechnological Approaches in Soil Microorganisms for Sustainable Crop Production, Scientific Publishers, pp. 293–308. Jodhpur.
- YOSEFI, A.A., KHAVAZI, K., MOEZI, A.A., REJALI, F. and NADIAN, H.A., 2011. Phosphate Solubilizing Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi Impacts on Inorganic Phosphorus Fractions and Wheat Growth. *World Applied Sciences Journal*, 15 (9): 1310-1318.
- YU, L.P., CAI, L.F., WANG, W.C., LIN, D.Y. and LIU, Y.C., 1998. Application Research on the Compounded and Blended Biological Fertilizer to Groundnut. *Guangxi Agricultural Sciences*, 1: 23-24.
- YU, X., LIU., X. and Zhu T., 2014. Walnut Growth and Soil Quality After Inoculating Soil Containing Rock Phosphate with Phosphate-Solubilizing Bacteria. *Science Asia*, 40: 21-27.
- ZAKI, R.N. and RADWAN, T.E.E., 2006. Impact of Microorganisms Activity on Phosphorus Availability and its Uptake by Faba Bean Plants Grown on Some Newly Reclaimed Soils in Egypt. *International Journal Of Agriculture & Biology*, 8: 221–225.
- ZHU, Y., SMITH, F. A. and SMITH, S. E., 2003. Phosphorus Efficiencies and Responses of Barley (*Hordeum vulgare* L.) to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Grown in Highly Calcareous Soil. *Mycorrhiza*, 13: 93–100.

7. EKLER

Ek 1. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı pH değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	31.013	4	7.753	34.398	0.000
Uygulama	3.028	9	0.336	1.492	0.153
Zaman*Uygulama	8.818	36	3864.910	2.084	0.001
Hata	45.080	200	0.225		
Toplam	87.939	249			

Ek 2. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı EC değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	4370875.397	4	10927118.849	53.139	0.000
Uygulama	338027.066	9	37558.563	1.828	0.065
Zaman*Uygulama	824166.977	36	22893.527	1.114	0.313
Hata	4108779.552	200	20543.898		
Toplam	5.390	250			

Ek 3. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı alınabilir P değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	319.762	4	79.941	45.704	0.000
Uygulama	254.837	9	28.315	16.188	0.000
Zaman*Uygulama	191.429	36	5.317	3.040	0.000
Hata	349.820	200	1.749		
Toplam	5134.797	250			

Ek 4. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı üreaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	71150.310	4	17787.578	10.736	0.000
Uygulama	6108.497	9	678.722	0.410	0.929
Zaman*Uygulama	80697.587	36	2241.600	1.353	0.101
Hata	331376.180	200	1656.881		
Toplam	1829076.524	250			

Ek 5. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı alkalın fosfataz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	189624.813	4	47406.203	82.174	0.000
Uygulama	11841.675	9	1315.742	2.281	0.019
Zaman*Uygulama	22489.097	36	616.364	1.068	0.375
Hata	115380.709	200	576.904		
Toplam	1325840.504	250			

Ek 6. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı β -glukosidaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	266457.997	4	66614.499	35.923	0.000
Uygulama	27064.045	9	3007.116	1.622	0.111
Zaman*Uygulama	139136.776	36	3864.910	2.084	0.001
Hata	370873.052	200	1854.365		
Toplam	3329980.031	250			

Ek 7. Domates yetiştirilen toprağın zamana ve doza bağlı toplam aerobik mezofilik bakteri değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	1012.977	4	253.244	22.676	0.000
Uygulama	1001.242	9	11.249	9.961	0.000
Zaman*Uygulama	1271.850	36	35.329	3.163	0.000
Hata	2233.629	200	1.168		
Toplam	12266.758	250			

Ek 8. Domates yetiştirilen toprağın uygulamalara bağlı besin elementi değerlerine ilişkin varyans analiz tabloları

A- Değişebilir K

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	239095.229	9	26566.137	18.902	0.000
Hata	56219.843	40	1405.496		
Toplam	1405552.820	50			

B- Değişebilir Ca

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	1405923.520	9	156213.724	1.577	0.155
Hata	3962278.000	40	99056.950		
Toplam	7.38	50			

C- Değişebilir Mg

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	17763.656	9	1973.740	3.935	0.001
Hata	20063.620	40	501.590		
Toplam	1441075.310	50			

D- Değişebilir Na

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	543103.013	9	60567.001	17.754	0.000
Hata	136460.987	40	3411.525		
Toplam	1987045.734	50			

E- Alınabilir Fe

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	1511997.600	9	167999.733	17.937	0.000
Hata	374636.400	40	9365.910		
Toplam	1.304	50			

F- Alınabilir Zn

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	1.348	9	0.150	6.957	0.000
Hata	0.861	40	0.022		
Toplam	36.539	50			

G- Alınabilir Mn

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	317.280	9	35.253	4.183	0.001
Hata	337.082	40	8.427		
Toplam	6907.739	50			

H- Alınabilir Cu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	1.905	9	0.212	15.118	0.000
Hata	0.560	40	0.014		
Toplam	22.343	50			

Ek 9. Domates bitkisinin uygulamalara bağlı besin elementi değerlerine ilişkin varyans analiz tabloları

A- Toplam N

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	6.553	9	0.728	1.067	0.407
Hata	27.294	40	0.682		
Toplam	723.186	50			

B- Toplam P

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	0.945	9	0.105	1.356	0.240
Hata	3.097	40	0.077		
Toplam	5.294	50			

C- Toplam K

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	3.085	9	0.343	3.237	0.005
Hata	4.236	40	0.106		
Toplam	222.324	50			

D- Toplam Ca

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	29.941	9	3.327	4.823	0.000
Hata	27.591	40	0.690		
Toplam	1789.981	50			

E- Toplam Mg

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	0.073	9	0.008	1.088	0.393
Hata	0.297	40	0.007		
Toplam	23.210	50			

F- Toplam Na

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	0.13	9	0.001	10.176	0.000
Hata	0.005	40	0.000		
Toplam	0.106	50			

G-Toplam Fe

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	11716.804	9	1301.867	0.868	0.561
Hata	60001.717	40	1500.043		
Toplam	462679.578	50			

H-Toplam Zn

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	3938.766	9	437.641	6.913	0.000
Hata	2532.097	40	63.302		
Toplam	27344.440	50			

İ- Toplam Mn

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	25932.325	9	2881.369	3.327	0.004
Hata	34640.595	40	866.015		
Toplam	638718.719	50			

J- Toplam Cu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	119.785	9	13.309	8.971	0.000
Hata	59.344	40	1.484		
Toplam	1112.404	50			

Ek 10. Domates bitkisinin uygulamalara bağlı verim değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tabloları**A- Toplam Verim**

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	2668841.398	9	296537.933	6.012	0.000
Hata	1973000.849	40	49325.021		
Toplam	2.774	50			

B- Ortalama Meyve Ağırlığı

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	1095.700	9	121.744	1.128	0.367
Hata	4318.245	40	107.956		
Toplam	102132.123	50			

C- Ortalama Meyve Sayısı

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	23.983	9	2.665	5.841	0.000
Hata	18.249	40	0.456		
Toplam	365.676	50			

D- Bitki Kuru Ağırlığı

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	9549.098	9	1061.011	7.690	0.000
Hata	5519.138	40	137.978		
Toplam	173645.081	50			

Ek 11. Hasat yapılan bitkilerin yakın kök bölgesinden alınan örneklerde ve 18. hafta rutin örnekleme bölgesinden alınan toprak örneklerinin zamana ve doza bağlı verim değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tabloları

A- pH değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	1430.309	2	715.154	6738.899	0.000
Uygulama	0.844	9	0.94	0.884	0.542
Zaman*Uygulama	4.746	18	0.264	2.485	0.002
Hata	12.735	120	0.106		
Toplam	4256.987	150			

B- EC değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	8187692.493	2	40938446.247	165.608	0.000
Uygulama	200158.860	9	22239.873	900	0.528
Zaman*Uygulama	307532.440	18	17085.136	0.691	0.814
Hata	2966415.600	120	24720.130		
Toplam	2.5858	150			

C- Alınabilir P değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	841.113	2	420.557	340.455	0.000
Uygulama	45.148	9	5.016	4.061	0.000
Zaman*Uygulama	66.280	18	3.682	2.981	0.000
Hata	148.233	120	1.235		
Toplam	2322.293	150			

D- Üreaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	503590.340	2	251795.170	100.474	0.000
Uygulama	57450.191	9	6383.355	2.547	0.010
Zaman*Uygulama	117535.003	18	6529.722	2.606	0.001
Hata	300730.064	120	2506.084		
Toplam	1658285.329	150			

E- Alkalın fosfataz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	178123.131	2	89061.566	164.601	0.000
Uygulama	7896.300	9	877.367	1.622	0.117
Zaman*Uygulama	12330.633	18	685.035	1.266	0.222
Hata	64928.861	120	541.074		
Toplam	615326.435	150			

F- β -glukosidaz enzim aktivitesi değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	389414.817	2	197707.409	262.749	0.000
Uygulama	9355.449	9	1039.494	1.403	0.194
Zaman*Uygulama	7416.780	18	412.043	0.556	0.924
Hata	88924.615	120	741.038		
Toplam	1250119.672	150			

G- Toplam aerobik mezofilik bakteri değerlerine ilişkin tekrarlı ölçüm analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Zaman	13081.199	2	6540.600	96.381	0.000
Uygulama	2464.628	9	273.848	4.035	0.000
Zaman*Uygulama	2868.799	18	159.378	2.349	0.003
Hata	8143.470	120	67.862		
Toplam	43108.941	150			

Ek 12. Fosfor etkinlik düzeyi değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynak	KT	SD	K.O.	F	P
Uygulama	4109,983	7	587,140	1.877	0.048
Hata	10007,833	32	312,745		
Toplam	14117,816	39			

EK 13. Korelasyon tablosu

	Af	Ür	Bg	pH	EC	Afr	Bs	TV	OMA	OMS	BKA	DK	DCa	DMg	DNa	AFe	AZn	AMn	ACu	TN	TP	TK	TCa	TMg	TNa	TFe	TZn	TMn	TCu
Af	1																												
Ür	0.156	1																											
Bg	-0.076	0.031	1																										
pH	0.271	0.087	-0.222	1																									
EC	0.066	-0.032	-0.038	0.155	1																								
Afr	0.134	0.13	0.114	0.124	0.165	1																							
Bs	-0.17	0.037	0.034	-0.335*	0.125	0.157	1																						
TV	-0.066	0.564**	0.325*	-0.197	-0.318*	0.058	0.199	1																					
OMA	-0.087	0.301*	0.167	0.003	-0.283*	0	-0.195	0.633**	1																				
OMS	-0.002	0.227	0.285*	-0.199	-0.243	0.091	0.393**	0.837**	0.147	1																			
BKA	-0.039	0.201	0.25	-0.236	0.015	0.146	0.346*	0.431**	0.091	0.51**	1																		
DK	-0.221	0.083	0.019	-0.402**	-0.098	0.229	0.681**	0.457**	-0.015	0.607**	0.503**	1																	
DCa	-0.061	-0.006	0.011	-0.109	-0.028	0.033	0.082	0.263	0.028	0.296*	0.346*	0.251	1																
DMg	-0.213	0.074	0.041	-0.336*	-0.089	0.196	0.403**	0.453**	0.015	0.540**	0.473**	0.722**	0.603**	1															
DNa	-0.132	0.016	0.039	0.441**	-0.163	0.057	0.462**	0.279	0.14	0.257	0.534**	0.656**	0.25	0.483**	1														
AFe	0.113	-0.023	0.03	0.075	0.092	-0.121	-0.530**	-0.364**	-0.074	-0.439**	-0.460**	-0.621**	-0.08	-0.221	-0.475**	1													
AZn	-0.363**	0.057	0.169	-0.536**	-0.144	-0.104	0.500**	0.356*	0.098	0.351*	0.320*	0.574**	0.173	0.555**	0.471**	-0.18	1												
AMn	-0.267	0.058	0.051	0.514**	-0.063	-0.073	0.467**	0.268	0.034	0.281*	0.326*	0.532**	0.294*	0.555**	0.480**	-0.136	0.794**	1											
ACu	-0.243	0.1	0.067	-0.460**	-0.028	0.034	0.715**	0.352*	0.057	0.375**	0.409**	0.686**	0.206	0.496**	0.591**	-0.442**	0.807**	0.810**	1										
TN	-0.278	0.011	-0.021	0.394**	-0.227	-0.21	0.034	-0.117	-0.045	-0.132	0.131	0.073	0.104	0.09	0.197	-0.078	0.203	0.243	0.162	1									
TP	-0.131	0.005	0.053	0.363**	-0.126	0.103	0.173	-0.154	0.344*	-0.069	0.274	0.207	0.155	0.241	0.299*	-0.188	0.225	0.143	0.227	0.433**	1								
TK	0.333*	0.213	0.277	0.334*	-0.295*	-0.074	0.069	0.546**	0.458**	0.348*	0.458**	0.409**	0.182	0.325*	0.433**	-0.291*	0.374**	0.279*	0.340*	0.387**	0.2	1							
TCa	0.097	0.154	0.057	-0.086	-0.182	0.171	0.535**	0.387**	0.025	0.507**	0.372**	0.672**	0.300*	0.455**	0.526**	-0.451**	0.454**	0.355*	0.541**	-0.022	0.092	0.258	1						
TMg	-0.064	-0.144	-0.046	0.175	-0.14	-0.176	-0.024	-0.052	0.003	-0.088	-0.169	-0.092	0.104	-0.042	-0.171	0.212	0.177	0.112	0.055	0.063	-0.121	0.054	0.345*	1					
TNa	-0.171	0.126	0.168	-0.291*	-0.237	0.122	0.622**	0.529**	0.249	0.505**	0.428**	0.768**	0.262	0.572**	0.628**	-0.568**	0.504**	0.438**	0.643**	-0.036	0.123	0.414**	0.563**	-0.113	1				
TFe	0.052	-0.006	-0.065	-0.073	-0.043	-0.083	0.277	0.208	0.122	0.179	-0.109	0.276	0.105	0.145	0.154	-0.204	0.213	0.168	0.305*	-0.118	-0.233	0.161	0.428**	0.293*	1				
TZn	-0.034	0.321*	-0.189	0.004	-0.056	0.326*	-0.312*	0.436**	-0.191	0.454**	-0.535**	0.368**	-0.299*	-0.296*	-0.369**	0.519**	-0.06	-0.131	-0.290*	-0.143	-0.141	-0.262	-0.454**	0.24	-0.295*	0.204	1		
TMn	0.114	-0.231	-0.184	0.248	0.033	-0.227	-0.329*	-0.431*	-0.223	-0.407**	-0.531**	-0.430**	-0.06	-0.360*	-0.317*	0.406**	-0.151	-0.229	-0.308*	-0.065	-0.184	-0.298*	0.067	0.659**	-0.495**	0.283*	0.390**	1	
TCu	-0.267	-0.187	-0.004	-0.134	-0.013	-0.413**	-0.179	-0.147	-0.001	-0.253	-0.354*	-0.13	-0.176	-0.078	-0.154	0.325*	0.167	0.088	-0.005	0.026	-0.055	0.162	-0.350*	0.196	-0.133	0.246	0.708**	0.237	1



ÖZGEÇMİŞ

Songül ÇETİN TORUN 1986 yılında Antalya’da doğdu. İlköğretimi Döşemealtı’nda, liseyi ise Antalya Metin Nuran Çakallıklı Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2004 yılında kazandığı Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi’nin 5 yıllık (yabancı dil hazırlık sınıfı dahil) eğitimi sonrası Toprak Bölümü’nden 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl içerisinde mikrobiyal gübre ve pestisitler üzerine faaliyet gösteren özel bir firmada Teknik

Koordinatör olarak çalışmaya başladı. Çalışma dönemi içerisinde, 2011 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. Üç yılı aşkın özel sektör deneyimi sonrası 2012 yılında Akdeniz Üniversitesi Gazipaşa Mustafa Rahmi Büyükbali Meslek Yüksek Okulu’na Öğretim Görevlisi olarak atandı. Ocak 2014 tarihinden beri Yüksekokul Müdür Yardımcılığı görevini yürütmekte olup lisansüstü çalışmalarına Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’nde devam etmektedir.