

**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ SEYRANI ZİRAAT
FAKÜLTESİ DENEME ALANI TOPRAKLARINA
BİYOGÜBRE UYGULAMALARININ MISIR
BİTKİSİNİN (*Zea mays* L.) FOSFORLU GÜBRE
KULLANIM ETKİNLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Oğuzhan UZUN

Doktora Tezi

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Prof. Dr. Metin TURAN

Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN

2014

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

ERCIYES ÜNİVERSİTESİ SEYRANI ZİRAAT FAKÜLTESİ
DENEME ALANI TOPRAKLARINA BİYOGÜBRE
UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN (*Zea mays* L.)
FOSFORLU GÜBRE KULLANIM ETKİNLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Oğuzhan UZUN

TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANA BİLİMDALI

ERZURUM
2014

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ SEYRANİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DENEME ALANI
TOPRAKLARINA BİYOGÜBRE UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN (*Zea mays*
L.) FOSFORLU GÜBRE KULLANIM ETKİNLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Metin TURAN danışmanlığında, Oğuzhan UZUN tarafından hazırlanan bu çalışma
02/01/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim
Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği ile** kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. K. Mesut ÇİMRİN

İmza

Üye : Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Metin TURAN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Erdal ELKOCA

İmza :

Üye : Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN

İmza :

Üye : Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Adil AYDIN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum
Enstitü Müdürü
Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU

ÖZET

Doktora Tezi

ERCİYES ÜNİVERSİTESİ SEYRANI ZİRAAT FAKÜLTESİ DENEME ALANI TOPRAKLARINA BİYOGÜBRE UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN (*Zea mays* L.) FOSFORLU GÜBRE KULLANIM ETKİNLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Oğuzhan UZUN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Metin TURAN
Ortak Danışman: Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN

Bu çalışmada Kayseri ili Develi ilçesinde bitki gelişim düzenleyici bakterilerin (PGPR) mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin fosforlu gübre kullanım etkinliği üzerine etkileri tarla ve sera denemeleriyle araştırılmıştır. Denemede bitki materyali olarak BC-6661 hibrit mısır çeşidi kullanılmıştır. Sera çalışması tam şansa bağlı, tarla çalışması ise tam şansa bağlı tesadüf blokları deneme desenlerinde olmak üzere faktöriyel düzenlemeye göre 3 tekerrürlü olarak TSP (%44 P₂O₅) ve FK (%29,30 P₂O₅) gübreleri için ayrı ayrı yürütülmüştür. Çalışmada birinci faktörü bakteri uygulamaları (kontrol, *Bacillus pumilus* C26 ve *Bacillus megatarium* M3) ve ikinci faktörü beş farklı fosfor dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da) oluşturmuştur. Hasat zamanında toprak ve bitki örnekleme yapılmış, toprak örneklerinde ardışık fosfor analizleri, bitki örneklerinde ise verim ve verim parametreleri ile sap, gövde ve yapraklarda fosfor ve azot analizleri yapılmış, bulunan değerler ile etkinlik parametreleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, PGPR'ların mısır bitkisinde bitki boyu, gövde çapı, tanede fosfor ve azot miktarı, yaprak azot miktarı ve sap azot miktarına istatistiksel olarak herhangi bir etkisi olmazken, bitki kuru ağırlığı, tane verimi, yaprak fosfor içeriği ve sap fosfor içeriğinde istatistiksel olarak önemli artışlara neden olmuştur. Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde C26 bakterisinin M3 bakterisine göre daha etkin olduğu belirlenmiştir. Regrasyon analizlerine göre sera denemesinde optimum tane verimi C26 uygulaması ile TSP 14,41 kg/da P₂O₅ dozunda (55,02 g/saksı) ve fosfat kayası 19,06 kg/da P₂O₅ dozunda (54,35 g/saksı) elde edilmiştir. Tarla denemesinde ise optimum tane verimi C26 uygulaması ile TSP 13,78 kg/da P₂O₅ dozunda (1092,17 kg/da) ve fosfat kayası 17,85 kg/da P₂O₅ dozunda (1050,57 kg/da) elde edilmiştir. C26 bakterisinin sera ve tarla koşullarında toprakta fosforu çözerek bitki alımına bağlı olarak topraklardaki toplam fosfor miktarlarını azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca C26 bakterisinin TSP ve fosfat kayası gübrelerinin agronomik etkinliğini, fosfor kullanım etkinliğini ve geri dönüşüm yüzdesini önemli derecede artırdığı gözlemlenmiştir. Sürdürülebilir ve organik tarım sistemlerinde, verimi artırmak amacıyla uygulanacak inorganik ve organik kaynaklı gübrelerden daha etkin fayda sağlayabilmek için, gübre yönetiminde özellikle C26 gibi PGPR bakterilerinin kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

2014, 145 sayfa

Anahtar Kelimeler: PGPR, Fosfat kayası, TSP, Mısır, Gübre etkinliği

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

EFFECTS OF BIO-FERTILIZER TREATMENTS ON PHOSPHORUS FERTILIZER EFFICIENCY OF CORN (*Zea mays* L.) CULTURE over EXPERIMENTAL FIELDS OF ERCIYES UNIVERSITY AGRICULTURAL FACULTY

Oğuzhan UZUN

Atatürk University
Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Sciences and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Metin TURAN
Co- Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa BAŞARAN

The present study was conducted under field and greenhouse conditions in Develi Town of Kayseri Province to investigate the effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phosphorus fertilizer use efficiency of corn (*Zea mays* L.). BC-6661 hybrid maize cultivar was used as the plant material. Greenhouse experiments were conducted in fully-randomized plot design and field experiments were conducted in fully randomized factorial block design with 2 factors (control, *Bacillus pumilus* C26 and *Bacillus megatarium* M3; 0, 5, 10, 15 and 20 kg/da P₂O₅) and 3 replications separately for TSP (44 P₂O₅%) and FK (29,30 P₂O₅%). Soil and plant samples were taken at the time of harvest; sequential phosphorus analyses were performed over soil samples; yield, yield parameters, phosphorus and nitrogen contents of shoot, stem and leaves were analyzed over plant samples. Resultant values were used to evaluate the efficiency parameters. While there were not any significant effects of PGPRs on plant height, stem diameter, kernel nitrogen and phosphorus contents, leaf and shoot nitrogen contents; significant increases were observed in plant dry weight, kernel yield, leaf and shoot phosphorus contents. In general, C26 bacteria were found to be more effective than M3 bacteria. Optimum kernel yields of greenhouse experiments with C26 was observed in TSP 14,41 kg/da P₂O₅ dose (55,02 g/pot) and phosphate rock 19,06 kg/da P₂O₅ dose (55,02 g/pot). Such values of field experiments with C26 were observed in TSP 13,78 kg/da P₂O₅ dose (1092,17 kg/da) and phosphate rock 17,85 kg/da P₂O₅ dose (1050,57 kg/da). It was determined that C26 bacteria dissolved phosphorus both under greenhouse and field conditions and decreased soil total phosphorus content through increasing plant uptakes. It was also observed that C26 bacteria significantly improved agronomic efficiency of TSP and phosphate rock fertilizer, increased phosphorus-use efficiency and recycle. It was concluded herein that C26 like PGPR bacteria may be used in fertilizer management practices to benefit more from organic and inorganic fertilizers to be applied to increase the yields in sustainable and organic agricultural systems.

2014, 145 pages

Keywords: PGPR, Phosphate rock, TSP, Maize, Fertilizer efficiency

TEŞEKKÜR

Danışmanlığımı yürüten, değerli zamanını ayırdığı, bilimsel bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocam, tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Metin TURAN'a ve yardımcı danışmanım Sayın Doç. Dr. Mustafa BAŞARAN'a şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme komitemde yer alan Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Nesrin YILDIZ ve tez izleme komitemde yer alan Sayın Prof. Dr. Erdal ELKOCA'ya tezimin yürütülmesi aşamasında göstermiş oldukları bilimsel katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Adem GÜNEŞ'e, Sayın Ahmet SAY'a ve Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi öğretim üyeleri, elemanları ve öğrencilerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen çok değerli eşim Yrd. Doç. Satı UZUN'a ve aileme sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Oğuzhan UZUN

Ocak 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyalinin özellikleri.....	19
3.1.2. Denemede kullanılan biyogübrelerin özellikleri.....	19
3.1.3. Deneme toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri.....	19
3.2. Yöntem.....	20
3.2.1. Mısır tohumlarına bakteri aşılama.....	20
3.2.2. Sera Denemesinin kurulması ve yürütülmesi.....	21
3.2.3. Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi.....	24
3.2.4. Toprak analizleri.....	27
3.2.5. Bitki analizleri.....	31
3.2.6. Gübre kullanım etkinlik parametrelerinin belirlenmesi.....	31
3.2.7. İstatistiksel değerlendirme.....	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	34
4.1. Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri.....	34
4.1.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu üzerine etkisi.....	34
4.1.2. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin gövde çapı üzerine etkisi.....	36
4.1.3. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisi.....	38

4.1.4. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisi.....	43
4.2. Mısır Bitkisinin Fosfor İçerikleri	51
4.2.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane fosfor içeriği üzerine etkisi	51
4.2.2. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriği üzerine etkisi	54
4.2.3. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap fosfor içeriği üzerine etkisi	57
4.3. Mısır Bitkisinin Bitki Azot İçerikleri	62
4.3.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriği üzerine etkisi	62
4.3.2. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak azot içeriği üzerine etkisi	64
4.3.3. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriği üzerine etkisi	66
4.4. Ardışık Toprak Fosfor Analizleri	69
4.4.1. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının resin fosfor içeriği üzerine etkisi	69
4.4.2. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaHCO ₃ 'ta çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi	71
4.4.3. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaHCO ₃ 'ta çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi	73
4.4.4. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi	75
4.4.5. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi ...	77
4.4.6. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının H ₂ SO ₄ 'te çözünebilir fosfor içeriği üzerine etkisi	79

4.4.7. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının residual fosfor içeriği üzerine etkisi.....	81
4.4.8. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının toplam fosfor içeriği üzerine etkisi	84
4.4.9. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının resin fosfor içeriği üzerine etkisi	87
4.4.10. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaHCO ₃ 'ta çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi	89
4.4.11. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaHCO ₃ 'ta çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi	91
4.4.12. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi	93
4.4.13. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi ..	95
4.4.14. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının H ₂ SO ₄ 'te çözünebilir fosfor içeriği üzerine etkisi	97
4.4.15. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının residual fosfor içeriği üzerine etkisi.....	99
4.4.16. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının toplam fosfor içeriği üzerine etkisi	101
4.4.17. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının topraklarının fosfor fraksiyonlarının yarayırlılık dilimleri üzerine etkisi	104
4.5. Gübre Etkinlik Parametreleri.....	114
4.5.1. Agronomik etkinlik	114
4.5.2. Fizyolojik etkinlik	117
4.5.3. Agrofizyolojik etkinlik	119
4.5.4. Fosfor kullanım etkinliği	121
4.5.5. Translokasyon etkinliği	124
4.5.6. Geri dönüşüm etkinliği.....	126

4.5.7. Hasat indeksi	128
5. SONUÇ	131
KAYNAKLAR	135
ÖZGEÇMİŞ	146

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Cfu	Coloni forming unit
FK	Fosfat kayası
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
KDK	Kasyon değişim kapasitesi
N	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
NaHCO ₃	Sodyum bikarbonat
P	Fosfor
P _i	İnorganik fosfor
P _o	Organik fosfor
PGPR	Bitki gelişimini düzenleyici bakteriler
TSP	Triplsüperfosfat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Denemede kullanılan mısır tohumlarına bakteri aşılama işlemi.....	21
Şekil 3.2. Sera denemesi topraklarına taban gübrelerinin uygulanma işlemi.....	22
Şekil 3.3. Saksılara mısır tohumlarının ekilmesi ve çıkış sonrası tohumların teklemesi	23
Şekil 3.4. Çiçeklenme döneminde sera denemesinden görünüm.....	23
Şekil 3.5. Serada mısır bitkilerinin hasat dönemi genel görünümü.	24
Şekil 3.6. Arazi deneme parsellerine gübrelerin ilave edilmesi ve ekim işlemi	25
Şekil 3.7. Arazi denemesinin damla sulama sistemi ile sulanması.....	26
Şekil 3.8. Denemenin hasat edilmesi ve ölçümlerin yapılması	27
Şekil 4.1. Sera denemesinde TSP ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regrasyon grafiği	47
Şekil 4.2. Sera denemesinde fosfat kayası ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regrasyon grafiği	48
Şekil 4.3. Tarla denemesinde TSP ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regrasyon grafiği	49
Şekil 4.4. Tarla denemesinde fosfat kayası ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regrasyon grafiği	50
Şekil 4.5. TSP (a) ve fosfat kayası (b) uygulanan sera denemesinde bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamaları sonucu topraktaki sıralı fosfor miktarlarının oransal dağılımı (%).....	86
Şekil 4.6. TSP (a) ve fosfat kayası (b) uygulanan tarla denemesinde bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamaları sonucu topraktaki sıralı fosfor miktarlarının oransal dağılımı (%).....	103
Şekil 4.7. Sera koşullarında TSP ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yarayırlılığı üzerine etkisi.....	107
Şekil 4.8. Sera koşullarında FK ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yarayırlılığı üzerine etkisi.....	109
Şekil 4.9. Tarla koşullarında TSP ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yarayırlılığı üzerine etkisi	111

Şekil 4.10. Tarla koşullarında FK ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yararlanılabilirliği üzerine etkisi 113

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri.....	20
Çizelge 3.2. Ardışık P fraksiyon yöntemi ve çözünmüş toprak fosforundaki farklılıkların önem tablosu	30
Çizelge 4.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.2. TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu (cm) üzerine etkisi	35
Çizelge 4.3. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin gövde çapı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.4. TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin gövde çapı (mm) üzerine etkisi	38
Çizelge 4.5. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.6. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisi	41
Çizelge 4.7. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.8. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisi	45
Çizelge 4.9. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane fosfor içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	52
Çizelge 4.10. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane fosfor içeriği (ppm) üzerine etkisi	53
Çizelge 4.11. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.12. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriği (ppm) üzerine etkisi	56

Çizelge 4.13. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap fosfor içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	58
Çizelge 4.14. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap fosfor içeriği (ppm) üzerine etkisi.....	59
Çizelge 4.15. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.16. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriği (%) üzerine etkisi	63
Çizelge 4.17. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak azot içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	64
Çizelge 4.18. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak azot içeriği (%) üzerine etkisi.....	65
Çizelge 4.19. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	67
Çizelge 4.20. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriği (%) üzerine etkisi	68
Çizelge 4.21. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	70
Çizelge 4.22. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi	71
Çizelge 4.23. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	72
Çizelge 4.24. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	73
Çizelge 4.25. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	74

Çizelge 4.26. Sera denemesinde artan TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	75
Çizelge 4.27. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	76
Çizelge 4.28. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	76
Çizelge 4.29. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	78
Çizelge 4.30. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi	79
Çizelge 4.31. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	80
Çizelge 4.32. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	80
Çizelge 4.33. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	82
Çizelge 4.34. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	83
Çizelge 4.35. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	84

Çizelge 4.36. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	85
Çizelge 4.37. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	87
Çizelge 4.38. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi	88
Çizelge 4.39. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	89
Çizelge 4.40. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	90
Çizelge 4.41. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	91
Çizelge 4.42. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	92
Çizelge 4.43. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	93
Çizelge 4.44. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	94
Çizelge 4.45. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH 'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	96

Çizelge 4.46. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	97
Çizelge 4.47. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H ₂ SO ₄ 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları.....	98
Çizelge 4.48. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H ₂ SO ₄ 'te çözünebilir fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi	99
Çizelge 4.49. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	100
Çizelge 4.50. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	100
Çizelge 4.51. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları	101
Çizelge 4.52. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi.....	102
Çizelge 4.53. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının fosfor fraksiyonlarının yarıyışlılık dilimleri (ppm) üzerine etkisi.....	105
Çizelge 4.54. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agronomik etkinliği üzerine etkisi	115
Çizelge 4.55. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agronomik etkinliği üzerine etkisi	116
Çizelge 4.56. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg).....	118

Çizelge 4.57. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)	119
Çizelge 4.58. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agrofizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg).....	120
Çizelge 4.59. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agrofizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg).....	121
Çizelge 4.60. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor kullanım etkinliği üzerine etkisi (kg/kg).....	122
Çizelge 4.61. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor kullanım etkinliği üzerine etkisi (kg/kg).....	123
Çizelge 4.62. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin translokasyon etkinliği üzerine etkisi	124
Çizelge 4.63. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin translokasyon etkinliği üzerine etkisi	125
Çizelge 4.64. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin geri dönüşüm etkinliği üzerine etkisi	126
Çizelge 4.65. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin geri dönüşüm etkinliği üzerine etkisi	127
Çizelge 4.66. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin hasat indeksi üzerine etkisi	129
Çizelge 4.67. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin hasat indeksi üzerine etkisi	130

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada hızla artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için bitkisel üretimini artırmak zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizde bitkisel üretim için tarım alanlarının marjinal sınırlara ulaştığı dikkate alındığında üretim artışı ancak bitkisel üretimdeki verim artırıcı girdilerin en etkin kullanımı ile sağlanabilecektir. Bitkisel üretimde verim artırıcı girdilerin en önemlilerinden bir tanesi gübrelemedir. Kimyasal gübrelerin kullanımı son yıllarda tüm dünyada ve ülkemizde de hızla artış göstermiştir. Ancak kullanılan gübrelerin bir kısmı yıkanarak veya gaz halinde topraktan uzaklaşmakta ya da toprakta fikse olarak kullanılamaz formlara dönüşmekte ve böylece kullanılan gübrelerin etkinliği azalmaktadır. Bitki besleme açısından gelişme periyodu boyunca toprakta bulundurulmuş 16 yarıyıllık besin elementi miktarının bitkilerin gereksinim duydukları miktarda tutulması etkin kullanılabilmesi açısından önemlidir. Bitki veriminin artırılmasında azottan sonra en çok noksanlığı görülen elementlerden birisi fosfordur.

Ülkemiz topraklarının büyük kısmının organik madde içeriklerinin düşük olması, yüksek erozyon riski altında bulunması ve kaynağı tamamen dışarıdan ithal edilen fosforlu gübrelerin durumu dikkate alındığında hem bitkisel üretim, hem ekonomi ve hem de çevre açısından, toprakta bulunan fosfordan etkin bir şekilde yararlanmak önem kazanmaktadır. Genelde ticari gübreler ve organik gübreler agronomik ihtiyacın üzerinde uygulanarak ekonomik ve çevresel yönden etkinliği göz ardı edilmektedir. Değişen iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak farklı bitkilerin gübre kullanım etkinliklerinin bilinmesi etkili gübreleme programı ve gübrelemeden beklenen yararın elde edilebilmesi açısından son derece önemlidir.

Bitki kuru maddesinin %0,3-0,5'ini oluşturan fosfor bitkilerin yapısında anahtar enzimlerin, nükleik asitlerin, fosfolipidlerin yapısında ve ATP ile ilgili reaksiyonlarda rol oynayan bitki gelişimi için mutlak gerekli olan besin elementlerinden birisidir (Schachtman *et al.* 1998; Raghothama 1999; Smith 2002; Korkmaz 2005).

Diğer makro besin elementleri ile kıyaslandığında fosforun, toprak şartlarında bitki tarafından alımı ve hareketliliği sınırlı olup toprakta immobil haldedir (Yıldız 2012). Topraklar genellikle 10 cm derinlikte 200-2200 mg/kg toplam fosfor (organik ve inorganik) içerirler (Turan ve Horuz 2012). Fosfor toprakta organik ve inorganik olmak üzere iki şekilde bulunur ve bitkiler toprak suyunda erimiş olarak bulunan inorganik ortofosfatlardan yararlanır. Topraktaki bitki ve hayvan artıklarının içeriğinde bulunan organik fosfor, toprağın fosfor deposu olarak düşünülebilir. Bu fosfordan bitkilerin yararlanması için toprakta organik maddenin parçalanması ve ayrışması gerekmektedir.

Topraklardaki fosfor yüksek pH'da Ca ile bağlanırken, düşük pH'da ise Fe ve Al ile bileşik oluşturarak bitkiye yararlı hale geçmektedir. Yüksek pH'da fosfor; toprakta çözünür halde Ca ile bağlanarak, toprak kolloidleri tarafından tutulan Ca ile bileşik oluşturarak ve toprakta bulunan CaCO_3 ile bileşik oluşturarak bitkiye yararlılığı azalmaktadır. Asit reaksiyonlu topraklarda ise fosfor; toprakta aktif halde Fe, Al ve Mn ile bileşik oluşturarak, Fe, Al ve Mn hidroksitlerle tepkimeye girerek ve silikat killer tarafından fosforun fiksasyonu ile yararlı formu dönüşmektedir. Toprakların toplam fosfor içeriği yüksek olsa da büyük bir kısmının topraklarda demir ve alüminyum oksitlerce ve kalsiyum fosfatlarca bitkilerin yararlanamayacağı formlarda tutulduğundan yararlı fosfor içeriği düşüktür.

Topraklarda bitkiye yararlı fosfor miktarı düşük olmasına rağmen gıda, lif ve enerji kaynağı olarak kullanılan bitkilerin gelişimi için fosfor mutlak gerekli element olup kullanımını da her geçen gün arttırdığından, bitki yetiştirmek için gerekli fosfor rezervlerinde her geçen gün azalma olmaktadır (Syers *et al.* 2008). Bu nedenle fosfora karşı olan ilgi dünyada olduğu gibi ülkemizde de sürmektedir. Topraklarda toplam fosfor kapsamı normal, bazen de yüksek düzeyde bulunduğu halde, yararlı fosforun azlığı ve uygulanan fosforun fikse edilmesi nedeniyle, çiftçiler bitki ihtiyacının çok üzerinde fosforlu gübre uygulamaktadır. Bu aşırı uygulama, ekonomik zararı ve çevre kirliliğini de beraberinde getirmektedir.

Fosforun topraktaki yarayıssız formdan yarayışlı forma dönüşerek bitkiler tarafından alınımın kolaylaştırılması ve azalan fosfor kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılması sürdürülebilir tarım açısından büyük bir önem taşımaktadır. Toprakta fikse fosforun yarayışlılığını artırmak için toprak pH sınırın düzenlenmesi, bitkilerin kök etki alanının artırılması ve fosfat çözücü biyogübre uygulaması ile ilgili çalışmalar birçok araştırmacı tarafından yürütülmüştür (Kim *et al.* 1989; Sharma 2002; Reyes *et al.* 2002; Şahin vd 2004; Turan vd 2007a).

Biyolojik gübre olarak değerlendirilen bir grup mikroorganizma PGPR olarak tanımlanmaktadır. Bunlar toprak bakterileri olup o alanda yetişen bitkiler ile birlikte bulunurlar ve bitki gelişimini destekler. Bu tür bakterilerin biyolojik gübre olarak kullanımı ile besin elementi alınımının arttığı gibi toprağın mikroorganizma yarayışlılığı da artmaktadır. PGPR bakterileri içerisinde özellikle fosfor çözücü bakteriler önemli bir yere sahiptir. Uygulanan fosforlu gübrelerin yaklaşık %75-90'ı Fe, Al ve Ca bileşikleri şeklinde toprakta fiksasyona uğrar. Tohumların fosfor çözücü bakterilerle aşılması toprakta fiksasyona uğramış fosforun veya uygulanan gübrenin alınabilirliğinin artırarak bitki gelişimini teşvik edebilirler (Karaçal ve Tüfenkçi 2010). Bir kısım hetotrofik mikroorganizmaların organik asit salgılayarak ya da direk olarak fosforla ilişkili kationları şelatlayarak inorganik fosforun çözünürlüğünü artırdığı değişik araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Halder *et al.* 1990; Gaur 1990; Bojinova *et al.* 1997; He *et al.* 2002). Bu organizmalar *Bacillus megaterium*, *B. circulans*, *B. subtilis*, *B. polymyxa*, *Pseudomonas straita* gibi bakteriler ile *Aspergillus awamori*, *Penicillium bilaii*, *P. digitatum* ve *Trichoderma sp.* gibi funguslardır.

Mısır dünyada buğday ve pirinçten sonra en çok ekim ve üretim alanına sahip olan bitkidir. Mısır çok geniş sıcaklık aralıklarında üretilebilmekte ve üretilen mısırın %8-9'u insan beslenmesinde kullanılırken kalan kısmı hayvan yemi olarak ya da son yıllarda giderek artan ticari değeri ile birlikte endüstride yağ sanayinde, sabun üretiminde, vernik, boya sanayisinde, kağıt ve tekstil sanayinde kullanılmaya başlanmıştır (Korkmaz 2005)

2008 FAO verilerine göre Türkiye mısır veriminde 720 kg/da ile dünya ortalamasının (511 kg/da) üstünde olmasına rağmen mısırın veriminde dünyada 29. sırada yer almakta ve ilk sırayı 2100 kg/da ile Kuveyt almaktadır (FAO 2008).

Bu çalışmada mısır bitkisinde farklı biyogübre uygulamalarının mineral kaynaklı fosforlu gübrelerin gübre kullanım etkinliği üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla yürütülen çalışma ile fosforlu gübrelerin gübre kullanım etkinliğini artırmak amacıyla uygulanan biyogübrelerin toprakta mevcut olan fosfor dilimleri üzerine yaptığı etkiler, gübrelerin kullanım etkinliği ve gübre etkinlik parametreleri değerlendirilerek fosforlu gübrelerin tarımda daha etkin kullanımı ile ilgili farklı parametrelerinde kullanımının önemi ortaya konmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde, mısır ve diğer bitkilerde farklı fosfor kaynaklarının, biyogübre uygulamaları ile bitki gelişimi, bitkilerin fosfor alımları üzerine etkilerini ve ayrıca biyogübrenin fosfor etkinlik parametreleri üzerine etkileri ile toprakların fosfor fraksiyonları arasındaki ilişkilerini araştıran çalışmaların özetlerine yer verilmiştir.

Çakmakçı *et al.* (2001) Erzurum'un yüksek platolarında tarla şartlarında şeker pancarı ve arpa üretiminde çeşitli kaynaklardan izole edilen 7 bakteri izolatının (*Bacillus*'un 5 ırkı (BA-140, OSU-142, M-3, M-13 ve M-58), *Burkholderia* (BA-7) ve *Pseudomonas* (BA-8) etkinliğini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Tarla şartlarında yürütülen çalışmada her iki yılda bakteri ırklarıyla aşılama yapmanın şeker pancarı ve arpada verim ve kalite parametrelerinde önemli oranda artışlar sağladığı belirlenmiştir. Her iki yılın ortalamasında şeker pancarı tohumlarına BA-140, OSU-142, M-58, BA-7, BA-8, M-13 ve M-3 bakteri ırklarıyla aşılama yapmanın kontrol ile karşılaştırıldığında kök verimini sırasıyla %13,0, 12,6, 10,5, 9,2, 8,1, 6,1 ve 6,5 ve şeker verimini %7,8, 6,3, 5,1, 4,0, 3,2, 2,3 ve 5,3 oranlarında arttırdığı belirlenmiştir. Arpada bakteri aşulamalarının kontrol ile karşılaştırıldığında, daha yüksek tohum ve toplam ağırlık oluşumuna neden olduğu, BA-140 ve OSU-142'nin en yüksek verim sağlayan bakteri türleri oldukları belirlenmiştir.

Stamfort *et al.* (2007) düşük P ve pH içeriğine sahip toprakta TSP ile fosfat kayasının karşılaştırmak için, fosfat kayası ile *Acidithiobacillus* bakterisiyle aşılansmış kükürdü farklı dozlarda karıştırarak *yambean* bitkisi üzerinde deneme yapmışlardır. Biyogübrenin uzun zaman kullanımının toprağın pH'sını ve muhtemelen verimi azaltmasına rağmen P kaynağı olarak kullanılabilceğini ve sonuç olarak biyogübre ile gübrelenen bitkilerin azot ve fosfor alımıyla artan verim, bu tekniğin, yüksek girdili çözünebilir gübrelere alternatif olabileceğini bildirmişlerdir.

Fosfat çözücü mikroorganizmaların fosfat kayası ya da çözünemez formdaki fosfor

formlarının asitleşme, şelatlama, değişim reaksiyonları ve glukonik asit üretimi gibi prosesler sonucunda çözünebilir forma dönüştüğü belirlenmiştir (Rodriguez *et al.* 2004; Chung *et al.* 2005). Bu işlemler aynı zamanda ilave edilen diğer gübrelerin topraktaki hareketini artırarak bitki tarafından daha kolay alınmasını sağlamaktadır (Rajan *et al.* 1996). Özellikle topraktaki yarayırlılığı sınırlı olan fosforun bitkiler tarafından daha kolay ve fazla miktarda alınmasına neden olmaktadır (Pal 1998; Zaida *et al.* 2003).

Şahin vd (2004) şeker pancarı ve arpada iki farklı azot fikse eden (OSU-104 ve OSU-142) ve fosfor çözen M3 bakterisini uygulamışlardır. Şeker pancarında kök veriminde, arpada ise tane veriminde önemli artışlar elde etmişlerdir.

Turan vd (2007a) domates bitkisine beş farklı fosfor gübresini (normal süper fosfat, Tripl süperfosfat, diamonyum fosfat, fosforik asit ve fosfat kayası), fosfor çözücü bakteri (FS-3) ile birlikte ve bakterisiz şekilde uygulamış, sonuç olarak FS-3 bakterisinin fosfatın elverişsiz formunu çözücü bakteriler kullanılarak kullanılabilirliği artırdığı ve organik ve sürdürülebilir tarımda biyogübre olarak kullanılabileceğini ortaya çıkarmışlardır.

Topraklarda düşük fosfor konsantrasyonu ya da yüksek fiksasyon kapasitesi nedeniyle bitki tarafından fosfor alımı sınırlanmaktadır (Gerke 1992; Hoberg *et al.* 2005). Ayrıca çözünebilirliği düşük fosforlu gübrelerin uygulanması sonucunda toprakta düşük fosfor konsantrasyonunda bitki fosfor alımı sınırlı kalmaktadır (Vassilev *et al.* 2001). Bu durumda topraktaki mevcut fosfor ya da fosforlu gübrenin çözünebilirliğini artırmak amacıyla mikrobiyal canlıların kullanılmasının uygun olacağı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Richardson 2001; Trolove *et al.* 2003)

Fosfat çözücü bakteriler bir takım farklı mekanizmalar ile çözünemez durumdaki fosforun çözünebilir forma geçmesini sağlamaktadır (Salehrastin 1999). Fosfat çözücü bakterilerin topraktaki fosforun yarayırlı kısma geçen dilimi artırması toprağın fiziksel, kimyasal özellikleri ile organik madde ve fosfor içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Fosfat çözücü bakterilerin bazıları organik asit üreterek, bazıları ise enzim vasıtasıyla

fosforun yarayırlı forma dönüşmesini sağlamaktadır (Kim *et al.* 1989; Reyes *et al.* 1999; Sharma 2002).

Fosfat çözücü bakteriler özellikle toprakta çözünemez ve fikse/adsorbe durumda olan fosforun çözünebilir forma geçmesinde ve bunun sonucunda bitki tarafından daha kolay alınmasında oldukça önemli rol oynamaktadır. PGPR bakteriler toprakta çözünebilir fosforun miktarını artırmakla kalmayıp aynı zamanda, çözünebilir durumda bulunan fosforun toprakta fikse ve/veya adsorbe olmasını da engellemektedir (Khan and Joergesen 2009). PGPR bakteri uygulaması ile fosforlu gübre kullanımının %50 oranında azaltılmasında bile ürün miktarında herhangi bir değişiklik olmadığı belirtilmiştir (Jilani *et al.* 2007; Yazdani *et al.* 2009).

PGPR bakterilerin etkinliği başta toprak olmak üzere çevre faktörlerinden etkilenmektedir. Bakteri uygulaması, kontrollü şartlar olan sera koşullarında daha fazla olmak üzere, sağladığı verim artışı, mikrobiyal gübrelemenin, mineral gübrelemeye alternatif olabileceğini göstermiştir (Çakmakçı 2002; Çakmakçı vd 2006b). Kontrollü şartlarda daha etkin olabilen bazı PGPR bakterilerinin tarla koşullarında etkinliği daha düşük olabilmektedir (Çakmakçı vd 2008). PGPR etkinliğinin bitkinin erken gelişme döneminde ortaya çıktığı ve özellikle vejetatif gelişim üzerine etkin olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Şahin vd 2004; Çakmakçı vd 2006a, 2007a,b).

Hussein *et al.* (2013) yaptıkları bir çalışmada, toprak mikroorganizmalarının topraktaki fosfor havuzlarından fosfor formlarının dönüşümünde önemli rol oynadıklarını belirlemişlerdir. Bu mikroorganizmalarının fosforu çözme ve elverişliliğini artırmada önemli rol oynadıkları, organik ve inorganik formdaki fosforun yarayırlı forma dönüştürülmesinde etkin rol oynadıkları belirlenmiştir. Bu amaçla beş farklı PGPR hattının [PS-01 (*Burkholderai sp.*), PS-12 (*Bacillus sp.*), PS-32 (*Pseudomonas sp.*), PS-41 (*Flavobacterium sp.*) and PS-51 (*Pseudomonas sp.*)] mısır yetiştirilen topraklarda organik ve inorganik fosforu çözme yetenekleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda bakteri uygulaması ile mısır bitkisinin bitki boyu, kök uzunluğu, kök ve

gövde kuru ağırlığı ile tane verimini önemli düzeylerde artırdığı ve kontrole göre sırasıyla %16, 11, 42, 29 ve 33 oranında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca fosfataz aktivitesi, fosfor mineralizasyonu ve yarayışlı fosfor miktarının kontrole göre sırasıyla %189, 185 ve 62 oranında artırdığını bulmuşlardır.

Toprak inorganik fosforu toplam fosfor içinde önemli bir paya sahip olmakta ve mineral topraklarda fosforun %20-80 arasında orana sahiptir. Bu kısım ayrıca bitkiye yarayışlı fosfor miktarında önemli bir katkı sağlamaktadır (Sharpley 1985). Bitkilerin organik fosfordan yararlanabilmeleri için farklı toprak enzimleri vasıtasıyla katalizleme ve mineralizasyon aşamasından sonra organik formun inorganik forma dönüşmesi gerekmektedir (Sarapatka 2003).

Kapri and Tewari (2010) yaptıkları bir çalışmada nohut bitkisinin kök, gövde uzunluğu, taze ve kuru ağırlık miktarının bakteri uygulaması ile artış gösterildiği belirtilmiştir. Toprakta fosforun yarayışlılığını artırmak amacıyla uygulanan fosfat çözücü bakterilerin bitkilerin fosfor alımını ve ürün miktarını artırdığı yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Gyaneshwar *et al.* 2002; Fankem *et al.* 2006). ACC deaminaz aktivitesi (Zafar-ul-Hye *et al.* 2007; Naik *et al.* 2008), organik asit üretimi (Fankem *et al.* 2006) yada fosfataz enzim aktivitesi ile (Abd- Alla 1994; Chabot *et al.* 1996) mineralize yada çözünebilir fosfor miktarının arttığı ve buna bağlı olarak bitkilerin fosfor beslenmesinde artış olduğu belirtilmiştir.

Hamidi *et al.* (2008) yaptıkları bir çalışmada mısır bitkisinin yaş ağırlık, yaprak sayısı, silajlık ürün miktarı ve vejetatif gelişiminin PGPR uygulaması ile artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Hassanzadeh *et al.* (2006) yaptıkları çalışmada arpa bitkisinde tane verimi ve kuru madde miktarının artış gösterdiğini bulmuşlardır.

El-Gizawy and Mehasen (2009) yaptıkları bir çalışmada fasulye bitkisi yetiştirilen topraklara fosfat çözücü bakteriler ile kimyasal gübre uygulaması yapmışlardır. Çalışma sonucunda fosfat çözücü bakteriler ile uygulanan fosforlu kimyasal gübrenin fasulyede

tane verimi, verim parametreleri, tanede azot, fosfor ve çinko içeriğinde artış görülmüştür. Bir başka çalışmada mısır bitkisinin gelişimi ve kuru madde miktarının PGPR uygulamalarına bağlı olarak artış gösterdiği (Zahir *et al.* 1998; Javed *et al.* 1998) belirtilmiştir. Mısır bitkisinin normal gelişimi için gerekli olan NPK dozunun yarısı ile biyogübre uygulamaları sonucunda mısır bitkisinin gelişimi, bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık ile toplam karbonhidrat miktarının kontrole göre önemli düzeylerde artış gösterdiğini bulmuşlardır (Mahfouze and Sharafeldin 2007).

Rokhzadi *et al.* (2004)'ün aktardığına göre Tahir *et al.* (2009) yaptıkları çalışmada, mısır bitkisinin verim ve tane ağırlığının biyolojik gübre+50 kg/ha P₂O₅ uygulaması ile artış gösterdiği, biyogübredeki fosfat çözücü bakterilerin fosfat çözme yeteneğinin yüksek olduğu, çözünemez fosfor formlarından yarıyıllı dilime geçen fosfor miktarında artışa neden olduğu sonucuna varmışlardır.

Sharifi *et al.* (2011) yaptıkları bir çalışmada farklı PGPR uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde miktarı ile tane verimi üzerine olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda farklı PGPR uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi, kuru madde oranı ile toplam verimi önemli derecede artırdığını belirtmişlerdir. Özellikle PGPR bakterilerinden azotobakter uygulaması ile en yüksek tane verimi ile kuru madde miktarının elde edildiğini bulmuşlardır.

Asghar *et al.* (2002) yaptıkları bir çalışmada PGPR uygulaması yapılan bitkilerde bitki gelişiminin ve agronomik ürün miktarının kontrol uygulamasına göre önemli düzeylerde artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Kloepper *et al.* (1980a, b) ise baklagil grubunda olmayan, patates, mısır ve sorgum gibi bitkilerde verimin kontrole göre %10-30 oranında artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. Benzer çalışmalar ile diğer araştırmacılar PGPR ile inoküle edilen bitkilerin kuru madde miktarı ile tane verimi ve toplam verimin önemli düzeylerde artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (Perveen *et al.* 2002; Wani *et al.* 2007).

Dilfuza (2007) yaptığı bir çalışmada *Azospirillum brasilence* PGPR bakterisi ile inoküle mısır bitkisinin kuru madde miktarının kontrole göre artış gösterdiğini bulmuştur. Zaidi and Khan (2005) yaptıkları çalışmada buğday bitkisinin kuru madde ve toplam veriminin PGPR uygulaması ile artış gösterdiğini *Azospirillum* PGPR bakterisinin uygulanması ile buğday ve mısır bitkilerinde kontrole göre kuru maddenin %40 düzeylerinde arttığını belirtmişlerdir (Bashan ve Holguin 1997).

Topraklarda bulunan yada daha sonra gübreleme amacı ile uygulanan organik fosforun mineralizasyonu genellikle toprakta bulunan mikroorganizmalar özellikle PGPR'lar tarafından yönlendirilir ve bu mikroorganizmalar bitkiye yarayışlı fosfor miktarının sürekliliğinde önemli rol oynamaktadırlar. Fosfat çözücü PGPR bakteriler topraklara ilave edildiği zaman farklı formlardaki organik yapıdaki fosforun hızlı bir şekilde mineralize olmasına ve mineral P formlarının bitkiye yarayışlılığının artırılmasında önemli katkılara sahip olmaktadır (Macklon *et al.* 1997; Richardson *et al.* 2005). Topraktaki mikrobiyal popülasyon, toprak çözeltisinde hem organik hemde inorganik fosforun bulunmasında (Seeling and Zasoski 1993) ve bitkilere fosforun sağlanmasında önemli bir potansiyel olarak rol oynamaktadır (Oberson and Joner 2005). PGPR bakterilerinin yoğunluğunun ve karbon salınımlarının yüksek olduğu rizosfer bölgesinde bu katkının daha büyük önem arz ettiği yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur (Jakobsen *et al.* 2005; Brimecombe *et al.* 2007).

Ström *et al.* (2001) yaptıkları çalışmada, kireçli topraklarda PGPR bakterileri tarafından rizosfer bölgesine salgılanan organik asitlerden oksalatın sitrat ve malata göre daha fazla dayanıklılığa sebep olduğu ve fosfor hareketliliğini daha fazla artırdığı, bunun sonucunda mısır bitkisi tarafından fosfor alımının arttığı belirlenmiştir (Ström *et al.* 2002).

Çakmakçı vd (2005) arpada biyolojik gübre amacıyla N2-fikseri (*Bacillus* RC08, *Rhodobacter* RC04, *Paenibacillus* RC05, *Pseudomonas* RC06, *Bacillus* OSU-142) ve iki P-çözücü (*Bacillus* RC07 ve *Bacillus* M-13) bakteri ve mineral gübrelerini (N ve P)

denemişlerdir. Fosfor çözücü bakteri ve N₂-fikseri *Bacillus* OSU-142 arpa P içeriğini, bütün bakterilerin kontrole kıyasla arpa N konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir. N₂-fikseri *Rhodobacter* RC04, *Paenibacillus* RC05, *Pseudomonas* RC06 ve *Bacillus* OSU-142 inokulasyonu arpa fidelerinin N, Fe, Mn ve Zn alımını artırdığını tespit etmişlerdir.

Eşitken *et al.* (2010), organik tarım koşulları altında çilekte bitki büyüme düzenleyici bakterilerin (*Pseodomonas* BA-8, *Bacillus* OSU-142, ve *Bacillus* M-3) meyve verimi, bitki gelişimi ve bitki besin elementi içeriği üzerine etkilerini incelemişler ve 3 yıllık araştırma sonuçlarına göre bakteri uygulamalarının meyve verimini, bitki gelişimini, yaprakta P ve Zn içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. Toprakta elverişli P miktarı deneme başlangıcında dekara 0,35 kg P₂O₅ iken M3+OSU-142, M3+BA-8, M3+BA-8+OSU-142 uygulamaları sonucunda 2,00, 1,97 ve 1,82 kg/da olarak belirlemişlerdir.

Orhan vd (2006), ahududu bitkisinde iki *Bacillus* hattının OSU-142 ve M3 birlikte ve yalnız kullanımlarının verim, bitki gelişimi, yaprakların besin elementi içeriği ve toprakların besin elementi içeriğine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre *Bacillus* M3 bakterisi uygulamaları bitki gelişimini düzenleyerek verimi önemli ölçüde artırmıştır. Bitki kökleri ve rizosferi M3 ve OSU-142+M3 ile bulaştırıldığı zaman kontrole göre verimi %33,9 ve 74,9 oranında artırmıştır. Ayrıca ahududu yapraklarının N, P ve Ca içeriği OSU-142+M3 uygulaması ile, Fe ve Mn içeriği M3 ve OSU-142+M3 uygulaması ile önemli ölçüde artmıştır. Bakteri uygulamaları toprakta toplam N, elverişli P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve toprak pH'sını önemli ölçüde etkilemiştir. Toprakların elverişli P içeriğinin deneme başlangıcında 1,55 kg P₂O₅/da iken OSU-142 uygulaması ile 2,83 kg P₂O₅/da'a M3 uygulaması ile 5,36 kg P₂O₅/da'a ve OSU-142+M3 uygulaması ile 4,71 kg P₂O₅/da'a çıktığını bildirmişlerdir.

Alias *et al.* (2003) iki farklı mısır çeşidi ile yürüttükleri çalışmada 0, 50, 100, 125 ve 150 kg/ha P₂O₅ uygulamalarının tane verimi ve verim öğelerine etkilerini

incelemişlerdir. Artan P_2O_5 dozlarına göre her iki çeşitte de tane verimi artarken maksimum tane verimini 125 kg/ha P_2O_5 uygulamalarından elde etmişlerdir.

Masood *et al.* (2011) 0, 50, 100, 150 ve 200 kg/ha P_2O_5 uygulamalarının mısır bitkisinde verim ve verim öğelerine etkilerini incelemişleridir. Araştırma sonuçlarına göre fosfor dozları mısırdaki bitki boyu, bitki başına koçan sayısı, koçan başına tane sayısı ve tane verimini önemli miktarda artırırken, metrekarede bitki sayısı, 1000 tohum ağırlığı ve biyolojik verim parametrelerini etkilememiştir. 100 kg/ha P_2O_5 uygulaması ile kontrole göre en yüksek bitki boyu (158 cm), bitki başına koçan sayısı (1,25), koçan başına tane sayısı (327), 1000 tohum ağırlığı (241 g), tane verimi (2415 kg/ha) ve biyolojik verim (7999 kg/ha) elde edilmiştir.

Ashrafi and Seiedi (2011) mısır bitkisinde PGPR uygulamalarının (*Azotobacter chroococcum* hat 5 ve *Azospirillum* hat OF) ve bitki sıklığının verim ve verim öğelerine etkilerini incelemişler ve araştırma sonuçlarına göre PGPR uygulamalarının bitki boyu, tane verimi ve koçandaki tane sayısını artırdığını bildirmişleridir.

Faramarzi *et al.* (2012) *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas putida* ve *Azotobacter chroococcum* bakterilerinin SC_704 mısır çeşidinde verim ve verim öğelerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre bitki büyüme düzenleyici bakterilerin bitki boyu, tane verimi, 1000 tane ağırlığı ve biyolojik verim parametrelerini artırdığı belirlenmiştir. En fazla tane verimi 13,281 kg/ha ile *Azotobacter*+ *Pseudomonas* + *Azospirillum* uygulamasından elde edilirken kontrol uygulamasından 7853 kg/ha tane verimi elde edilmiştir.

Hameeda *et al.* (2008) fosfor uygulamalarının ve fosfat çözücü bakterilerin mısır bitkisinde serada ve tarlada bitki boyu ve bitki kuru ağırlığını, tarlada ise tane verimini toplam kuru madde ve sap verimini artırdığını bildirmişlerdir.

Ekin (2010) fosfor çözücü bakteri ve 0, 5, 10 kg/da P₂O₅ uygulamalarının ayçiçeğinde verim ve verim öğelerine etkilerini araştırmışlardır. Ayçiçeğinde *Bacillus*-M13 bakterisinin kontrole göre bitki boyunu değiştirmediğini ancak gövde çapını, tohum verimini, yağ içeriğini, protein içeriğini ve fosfor içeriğini artırdiğını, artan fosfor dozlarının bitki boyunu, sap çapını, tohum verimini, yağ içeriğini, protein içeriğini ve P içeriğini artırdiğını ve en fazla tohum veriminin bakteri uygulanmış 10 kg/da P₂O₅ dozundan elde edildiğini bildirmektedir.

Hussein (2009) iki farklı mısır varyetesinin farklı fosfor dozlarına (0, 30, 60, 90 kg/ha) tepkilerini iki farklı uygulama yöntemi (toprağa ve fertigasyon) ile karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, hem artan fosfor dozları hem de uygulama yöntemine bağlı olarak tane verimi, sürgün ağırlığı yaş ve kuru ağırlığını, 1000 tane ağırlığını, sürgün ve tanede fosfor konsantrasyonu ile fosfor alımını artırmıştir. Etkinlik parametreleri incelendiğinde çeşitlere göre değişmekle birlikte kullanım etkinliği 46,11-114,33 kg/kg P₂O₅, agronomik etkinlik 12,56-48,33 kg/kg P₂O₅, geri dönüşüm etkinliği 0,187-0,306 kg/kg ve kullanım etkinliği 150,69-274,22 kg/kg arasında değişim göstermiştir. Artan fosfor dozlarına bağlı olarak etkinlik parametrelerinde düşüş gözlenmiş bu durumun artan fosfor dozlarına bağlı olarak minimum kanununa göre kullanılan besin maddesi miktarının düşmesinden kaynaklandiğını açıklamışlardır.

Fageria and Filho (2007) çeltikte artan fosfor dozlarının asidik inceptisol topraklarda (0, 131, 262, 393, 524, 655 kg/ha) kuru madde ve tane verimi, besin elementi alımı P kullanım etkinliği parametrelerine etkilerini incelemişlerdir. Artan fosfor dozlarına bağlı olarak kuru madde ve tane veriminin, yaprakta N, P ve Mg içeriğinin kuadratik olarak arttığını bildirmişleridir. Fosfor kullanım etkinlik parametrelerinin (etkinlik parametresine göre fark etmekle birlikte) artan fosfor dozlarına göre düştüğünü bildirmişlerdir.

Rahman *et al.* (2006) mısır bitkisinde mikoriza fungusu (*Glomus mosseae*) ve fosforlu gübrelemenin (0, 30, 60, 120 kg/ha) bitki gelişime ve N ve P alımı üzerine etkilerini

incelemişlerdir. Çalışmada, mikoriza aşılama ve gübrelemenin mısırdaki bitki boyu, sürgün ve kök ağırlığı ile N ve P içeriğini artırdığı bildirilmiştir.

Sahrawat *et al.* (1997) ilk yıl 0, 45, 90, 145 ve 180 kg/ha P uygulaması sonucunda 3 yıl boyunca 4 farklı çeltik çeşidinin verimini incelemişlerdir. İlk yıl artan fosfor dozları ile çeltik verimi artmış ikinci ve üçüncü yıllarda da verim artışı gözlenmiş ancak ilk yıla göre artış oranı azalmıştır. Agronomik ve fizyolojik etkinlikler çeşitlere değişim göstermiştir. Kümülatif agronomik ve fizyolojik etkinlikler düşük dozlarda daha yüksek bulunmuştur.

Singh *et al.* (2005) iki yıllık tarla denemesinde 0, 30 ve 60 kg/ha P₂O₅ uygulaması, fosfor çözücü bakteri (*Pseudomonas straita*) ve nem rejimlerinin (normal yağış ve sulama) mercimek bitkisinin görülebilir fosfor kullanımı (geri dönüşüm etkinliği), fosfor hasat indeksi (translokasyon etkinliği) ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak artan fosfor dozlarına bağlı olarak fosfor kullanım etkinliği ve görülebilir fosfor kullanımı azaldığını fakat fosfor hasat indeksinin değişmediğini, bakteri uygulamasına bağlı olarak fosfor etkinlik parametrelerinin arttığını belirlemiştir.

Fankem *et al.* (2006) mikorizalar ve fosfat çözücü mikroorganizmaların toprağa fosfat sağladığını bildirmektedirler. Fosfat çözen en önemli mikroorganizmalar ise *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Enterobacter* bakteri hatları ile *Penicillium* ve *Aspergillus* mantarlardır (Whitelaw 2000; Khan *et al.* 2009). Fosfat çözücü mikroorganizmalar tarafından salgılanan organik ve inorganik asitlerin hidroksil ve karboksil grupları Al, Fe ve Ca gibi katyonları şelatlayarak ve toprak pH'sını düşürerek fosforu çözünür hale getirmektedir (Khan *et al.* 2009).

Yazdani *et al.* (2009) fosfor çözücü bakteri ve PGPR uygulamalarının mısırdaki tane verimini önemli miktarda azaltmadan fosforlu gübre kullanımını %50 azaltabileceğini bildirmektedir.

Wu *et al.* (2005) iki farklı mikoriza fungusu (*Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices*) ile azot bakterisi (*Azotobacter chroococcum*), fosfor çözücü bakteri (*Bacillus megaterium*) ve potasyum çözücü bakteri (*Bacillus mucilaginosus*) karışımının mısır bitkisinde bitki gelişimi ve toprak özelliklerine etkisini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre *G. mosseae* ve 3 bakteri karışımı olan biyogübre uygulaması mısırdan en yüksek kuru madde ve bitki boyunu vermiştir. Ayrıca biyogübre uygulamaları organik ve kimyasal gübre uygulamalarına göre aynı sonuçları vermiştir. Mikrobiyal aşılama sadece bitkide toplam N, P ve K içeriğini artırmakla kalmamış aynı zamanda toprakta organik madde ve toplam N gibi toprak özelliklerini de iyileştirmiştir.

Besin elementi kullanım etkinliği genellikle kullanılan besin elementinin her bir birimi için elde edilen ürün miktarı olarak tanımlanır (Bridgham *et al.* 1995). Bitki çeşidi ve hatta aynı çeşidin farklı genotipleri arasında dahi besin maddesi alım ve kullanım etkinliklerinin değiştiği değişik araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Gill *et al.* 1994; Yaseen *et al.* 1998; Yaseen and Malhi 1999; Karaman vd 2010).

Fageria and Baligar (1997) düşük (0 mg P/kg), orta (75 mg P/kg) ve yüksek (150 mg P/kg) düzeyde fosfor uygulanmış Oxisol topraklarda 9 farklı mısır genotipinin fosfor tepkisini incelemiştir. Sürgün ve kök boyu, sürgün ve kök kuru ağırlığı, sürgün:kök oranı, kök ve sürgün fosfor konsantrasyonu, sürgün ve kök fosfor alımı ve fosfor kullanım etkinliği parametrelerinin fosfor uygulamalarından önemli ölçüde etkilediğini ($P<0,01$) bildirmişlerdir. Bitki boyu, sürgün ve kök kuru ağırlığı, sürgün ve kök fosfor alımı ve fosfor kullanım etkinliği bakımından genotipler arasında önemli derecede farklılıklar elde etmişlerdir. Bitki boyu, sürgün kuru ağırlığı, sürgün kök oranı, sürgünde ve kökte fosfor miktarı, sürgün fosfor alımı artan fosfor dozlarına bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Fosfor kullanım etkinliği çeşitlere göre değişmekle birlikte 123-197 mg/mg arasında değişim gösterdiğini ve artan fosfor dozları ile düştüğünü bildirmişlerdir.

Al-Karaki (2002) sarımsakta (*Allium sativum* L.) arbuscular mikoriza fungusu (*Glomus mosseae*) uygulamalarının ve artan fosfor dozlarının (0, 20, 40, 60 kg P/ha) soğan verimi ve fosfor kullanımına etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre mikoriza uygulanmış bitkiler uygulanmamış kontrol bitkilerine göre soğan verimini artırmıştır. En yüksek soğan verimi 20 kg/ha P ve mikoriza uygulanmış bitkilerden elde edilmiştir. Soğanda fosfor konsantrasyonları fosfor dozları ve mikoriza uygulamalarına bağlı olarak artmıştır. Fizyolojik etkinlik 145-212 g soğan verimi/g soğan P içeriği arasında değişim göstermiştir. Bakteri aşılansmış sarımsaklara aşılansmamış olanlara göre daha düşük fizyolojik etkinlik elde edilmiştir. Ayrıca artan fosfor dozlarına bağlı olarak hem aşılansmış hem de aşılansmamış örneklerde fizyolojik etkinliği düşürmüştür.

Aziz *et al.* (2011) fosfat kayası ve monoamonyum fosfat gübreleri kullanılarak 8 farklı *Brassica* çeşidinin kuru madde üretimini, fosfor içeriğini ve fosfor kullanımını incelemiştir. Sürgün ve kök kuru ağırlıkları (g/saksı), sürgün ve kök fosfor içerikleri (mg/saksı) genel olarak tüm çeşitlerde monoamonyumfosfat uygulamasında fosfat kayası uygulamasından yüksek bulunmuştur. Sürgün fosfor kullanım etkinliği fosfat kayasında çeşitlere göre 0,86-4,46 g sürgün kuru ağırlığı / P, monoamonyumfosfatta 0,68-1,51 g/mg P arasında değişim göstermiş ve fosfat kayasında monoamonyum fosfattan yüksek bulunmuştur. Benzer sonuçlar kökte de elde edilmiştir.

Wasonga *et al.* (2008) üç farklı mısır çeşidini fosforca fakir 4 farklı lokasyonda fosforlu gübrelemenin (0, 13, 26, 39 ve 52 kg P/ha) external ve internal fosfor gereksinimi ile fosfor kullanım etkinliği bakımından incelemiştir. Genel olarak çeşitlere göre değişmekle birlikte fosforlu gübreleme tane verimini, toplam kuru madde verimini ve hasat indeksini artırmıştır. Fizyolojik etkinlik ise çeşitlere göre 80-413 kg tane/kg P olarak değişim göstermiştir.

Fernandez *et al.* (2009) mısır, ayçiçeği ve soya fasulyesinde fosforlu gübrelemenin bitki gelişimi ve fosfor kullanımına etkilerini tarla ve sera denemeleriyle belirlemeye çalışmışlardır. Fosfor dozları her iki denemede de bitki gelişimini önemli ölçüde teşvik

etmiştir. Türler içerisinde mısır en yüksek fosfor kullanım etkinliğine (alınan her bir birim fosforla üretilen kuru madde) sahip olmuştur. Mısırın fosfor kullanım etkinliğini ortalama tarlada 1,11 g kuru madde/mg P, serada 0,70 olarak belirlemişlerdir. Artan fosfor dozları ile fosfor kullanım etkinliği en yüksek fosfor dozunda hem tarlada hem de serada %21-51 oranında düşüş göstermiştir.

Akande *et al.* (2008) fosfat kayası ve çözülebilir süperfosfat uygulamalarının mısır bitkisinde gübre etkinliğini araştırmışlardır. Bu amaçla fosfat kayası ve süperfosfatın 0, 25, 50, 100 ve 200 kg P/ha dozları ile her birinden 50 ve 100 kg/ha dozları eşit olacak şekilde karışımlarını denemişlerdir. Birinci hasat dönemi sonunda kontrole göre toprakta elverişli fosfor içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Bitki boyunun 200-250 cm arasında değiştiğini ve fosfor dozlarından etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Shenoy and Kalagudi (2005) fosforun birçok bitki türü için toprakta bulunan en elverişsiz elementlerden biri olduğunu ve yetersiz olduğu durumlarda %10-15 verim kaybına neden olabileceğini bildirmektedir. Özellikle fosforun kireçli ve alkali topraklar gibi bozulmuş topraklarda eksikliğinin çok kritik olduğunu ve fosforlu gübrelerle toprakların fosfor düzeyini artırmaya çalışmanın uygulanan gübrenin kullanım etkinliği düşük olacağına hem ekonomik ve hem de ekolojik olarak sağlıksız olabileceğini bildirmektedir. Bu nedenle bitkilerin fosfor kullanım etkinliğini artırmanın çok gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

Korkmaz (2005) yaptığı bir çalışmada, topraklarda fosforu genellikle; I) toprak çözültisinde bulunan, II) labil-P (değişebilir), III) labil olmayan P (bağlı bulunan, değişmeyen) olmak üzere 3 kısımda sınıflandırmıştır. Çözelti fosforu bitkiler için doğrudan yararlıdır ve bu fraksiyon II. fraksiyon ile hızlı bir şekilde dengeye gelerek tamponlanmaktadır, III. fraksiyon ise bağlı bulunan yararlı veya yavaş yararlı fosforu ifade etmektedir (Helal and Dressler 1989; Brohi *et al.* 1994; Güzel vd 2002).

Toprakta fosfor (P), organik (Po) ve inorganik (Pi) formlarda bulunmaktadır (Turan ve

Horuz 2012). Toprakta organik fosfor toplam fosforun %4-90'nını oluşturmaktadır. Toprak mikroorganizmalarının hemen hemen yarısı ve bitki kökleri fosfotaz aktivitesi altında fosfor minerilizasyon kapasitesine sahiptir. Alkaline ve asit fosfotazlar organik fosfatı subtrat olarak kullanarak inorganik forma dönüştürürler (Khan *et al.* 2009)

Yang *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada ise kireçli topraklarda, inorganik fosfor (Pi) ve Olsen-P analizlerini yapmışlar ve toplam fosforun %75 den daha fazlasının inorganik P olduğunu, ilave edilen fosforla birlikte resin-P'nin arttığını belirtmişlerdir.

Machado and Furlani (2004) mısır bitkisinde yaptıkları çalışmada kök salgıları vasıtasıyla bitki kök bölgesi olan rizosferde kimyasal değişiklikler sağlayarak topraklarda P yararlılığını arttırabilme yeteneğine sahip olduğunu bildirmişlerdir

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Denemede kullanılan bitki materyalinin özellikleri

Denemede bitki materyali olarak BC-6661 hibrit mısır çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan bitki materyali; FAO 650-700 olgunlaşma grubunda yer alan tek melezdir. Yaprakları dik gelişen, koçan şekli konik olup 16-18 sıralı olan, yaprak hastalıklarına, sap kırılmalarına, yatmaya ve sıcaklık stresine karşı dayanıklı, Silaj için 90-95 günde, tane için 110-120 günde hasat olgunluğuna gelen bir mısır çeşididir.

3.1.2. Denemede kullanılan biyogübrelerin özellikleri

Bacillus megaterium M3, *pumilus* C26: bakterilerinin fosfat çözücü özellik gösterdiği; bu izolatların oksidaz, katalaz, nitrat redüksiyon, asetilen redüksiyon özelliklerinin pozitif olduğu ve azotsuz besi ortamında gelişebildikleri bilinmektedir.

3.1.3. Deneme toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri

Kayseri Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi sera ve tarla koşullarında yürütülen deneme toprağına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda toprağın tekstürü “Kumlu Tın” olup, hafif alkalın reaksiyonda ve tuzsuz sınıfına girmektedir. Toprağın elverişli fosfor miktarı ile toplam azot miktarı “az”, organik madde miktarı ise “çok az” ve kireçli sınıfındadır. Bitkiye yararlı Fe miktarı orta, Cu ve Zn miktarı yeterli, Mn miktarı çok az, B miktarı ise az sınıfında olduğu belirlenmiştir (Lindsay and Norwell 1978; FAO 1990; TOVEP 1991).

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri

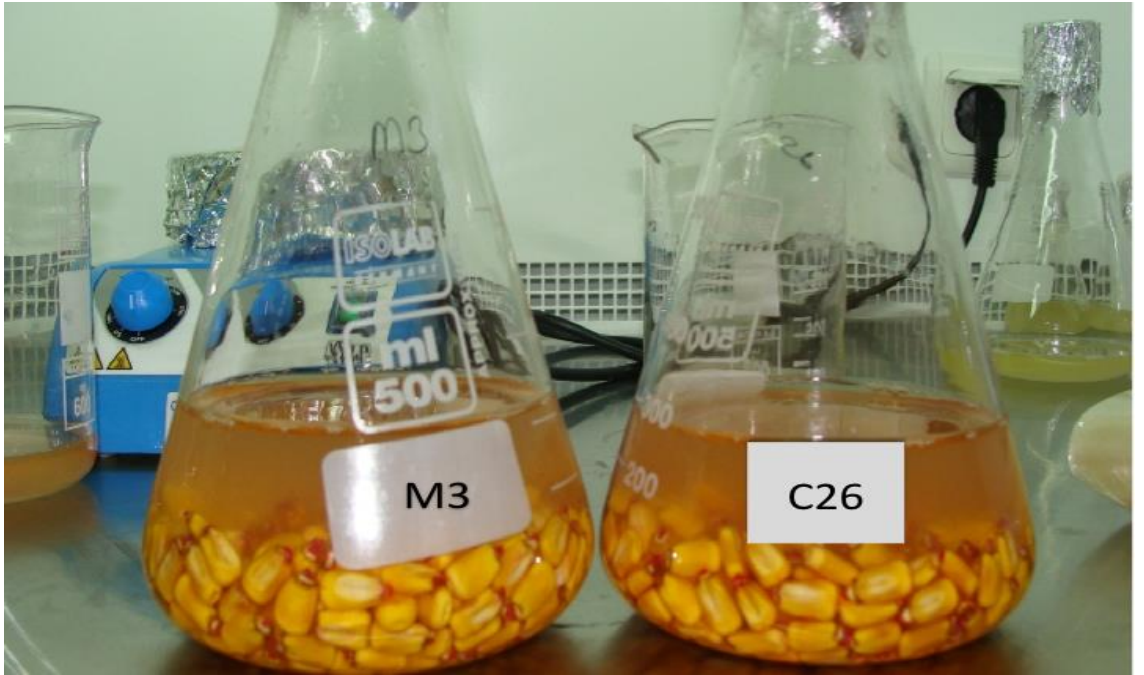
Özellik	Değer	Yöntem
Kum (%)	62,63	Bouyoucus Hidrometre
Silt (%)	27,14	Bouyoucus Hidrometre
Kil (%)	10,23	Bouyoucus Hidrometre
pH (1:2,5)	7,54	1:2.5 toprak:su
EC (1,2,5)	0,26	1:2.5 toprak:su
Organik Madde (%)	0,62	Smith-Weldon
Kireç (%)	1,09	Scheibler Kalsimetresi
Elverişli Fosfor (kg P ₂ O ₅ /da)	6,42	Sodyum bikarbonat
Toplam N (%)	0,053	Kjeldahl
Değişebilir K (cmol/kg)	1,13	Amonyum Asetat
Değişebilir Na (cmol/kg)	0,18	Amonyum Asetat
Değişebilir Ca (cmol/kg)	9,31	Amonyum Asetat
Değişebilir Mg (cmol/kg)	0,75	Amonyum Asetat
KDK (cmol/kg)	11,15	Sodyum Asetat
B (ppm)	0,67	Azometin-H
Fe (ppm)	1,35	DTPA ekstraksiyon
Mn (ppm)	2,16	DTPA ekstraksiyon
Zn (ppm)	0,85	DTPA ekstraksiyon
Cu (ppm)	1,20	DTPA ekstraksiyon

3.2. Yöntem

3.2.1. Mısır tohumlarına bakteri aşılması.

Saksılara ve tarlaya ekim yapılmadan önce tohumlara *Bacillus pumilus* C26 ve *Bacillus megatarium* M3 bakteri uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamada, -80°C'de, %30 gliserol ve sıvı besiyeri (Lauryl Broth) içerisinde muhafaza edilen bakteriler nutrient agar katı besi ortamına çizgi ekim yapılarak 27°C'ye ayarlı inkübatörde 48 saat inkübe edilmiş, inkübasyon sonrası gelişen her bir bakteriden bir öze dolusu alınarak 250 ml nutrient broth içeren erlenlere aktarılmıştır. Bakteri ile kontamine edilen sıvı besiyerleri, bakterilerin aerobik gelişimi için 27°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 91 rpm'de 24 saat inkübe edilmiştir. Hazırlanan bakteriyel süspansiyonlar steril saf su ile seyreltilerek ve spektrofotometrik ölçümle son konsantrasyon 10⁸ CFU/ml'ye ayarlanmıştır. İnokulumu

bakterilerin tohum yüzeyine bağlanmasını kolaylaştırmak için ise %0,2 sukroz ilave edilmiştir. Daha sonra yüzeysel dezenfeksiyonu yapılmış tohumlar steril cam kavanozlara bırakılarak üzerlerini örtecek şekilde bakteriyel inokulumla kaplanmış ve bakteriyel süspansiyonla muamele edilen tohumlar, 27°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 75 rpm'de 2 saat karıştırıldıktan sonra süzülüp kurutma kağıtları üzerine serilerek kurutulma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Denemede kullanılan mısır tohumlarına bakteri aşılama işlemi

3.2.2. Sera Denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Denemede kullanılacak toprak Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Deneme alanından alınmış ve 4 mm'lik elekten geçirilmiştir. Herbir saksı için elenen 10 kg hava kurusu toprak saksılara (No:10; üst çap 26 cm, alt çap 22 cm ve derinlik 21cm) konulmuş ve sera denemesi kontrollü şartlarda tam şansa bağlı tesadüf deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye 3 tekerrürlü olarak saksılarda hem TSP (%44 P₂O₅) hemde FK (%29,30 P₂O₅) gübreleri için ayrı ayrı yürütülmüştür. Çalışmada birinci

faktörü biyogübre (kontrol, *Bacillus Pumilus* C26 ve *Bacillus* M3) ve ikinci faktörü ise beş farklı fosfor dozu (0, 5, 10, 10 ve 20 kg/da) oluşturmuştur.

Ekim öncesi, belirtilen dozlarda olmak üzere, saksılara fosfat kayası ve triple süperfosfat gübreleri ilave edilmiştir. Ayrıca, taban gübresi olarak saksılara 25 kg K_2O /da hesabıyla KNO_3 (15,5-0-45) uygulanmıştır (Şekil 3.2). Böylece azotun (25 kg/da) üçte biri KNO_3 ile karşılanmış; kalan azotlu gübrelemenin yarısı bitkilerin 45 günlük gelişim periyodu sonrasında, diğer yarısı ise püskül oluşturmada önce Amonyum Sülfat (20,5-0-0) gübresinden üst gübre olarak ilave edilmiştir.



Şekil 3.2. Sera denemesi topraklarına taban gübrelerinin uygulanma işlemi.

Her bir saksıya mikrobiyal aşılamanın yapıldığı 3 adet tohum ekilmiş ve çıkış sonrası bitkilerde tekleme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.3). Bitkiler büyüme periyodu içinde (Şekil 3.4) toprak nem düzeyi tarla kapasitesi seviyelerinde tutulmaya çalışılmıştır. Sera koşullarında ihtiyaç duyulan su miktarları çeşme suyu ile karşılanmıştır.



Şekil 3.3. Saksılara mısır tohumlarının ekilmesi ve çıkış sonrası tohumların teklenmesi



Şekil 3.4. Çiçeklenme döneminde sera denemesinden görünüm

Seradaki mısır bitkileri 1 Temmuz 2010 tarihinde hasat olgunluğuna gelmiş (Şekil 3.5) ve hasat sonrasında bitkilerin; bitki boyu (toprak üstünden püskül ucuna kadar cm cinsinden), gövde çapı (ilk boğum üzerinden kumpas kullanılarak mm cinsinden), yaprak ağırlığı, gövde ağırlığı ve tane ağırlığı belirlenmiştir.

Her bir uygulamadan alınan gövde ve yaprak numuneleri saf sudan geçirilerek havada kurutulmuş ve daha sonra 68°C etüvde 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kurutulmuş örneklerde toplam bitki kuru ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve gövde kuru ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir. Ayrıca hasat anında her bir saksıya ait toprak örnekleri toprak kurutma kaplarına alınarak serada kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilerek kese kağıtlarına alınmış ve analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.5. Serada mısır bitkilerinin hasat dönemi genel görünümü.

3.2.3. Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Tarla denemesi tam şansa bağlı blok deneme deseninde faktöryel düzenlemeye göre 3 tekerrürlü olarak TSP (%44 P₂O₅) ve Fosfat kayası (%29,3 P₂O₅) için ayrı iki deneme olarak kurulmuştur. Her bir denemede birinci faktörü biyogübre (kontrol, *Bacillus Pumilus* C26 ve *Bacillus* M3) ve ikinci faktörü ise beş farklı fosfor dozu (0, 5, 10, 15 ve

20 kg da⁻¹) oluşturmuştur. Böylece tarla denemesinde her bir gübre denemesi için toplam 45 parsel (3x5x3) yer almıştır.

Tarla denemesinde sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 20 cm belirlenmiştir. Parseller 4,9x2,4= 11,76 m²'lik olup, her bir parsele 104 bitki gelecek şekilde deneme kurulmuştur. Parseller arası 1,4 m boşluk bırakılmıştır.

Ekim öncesi parsellere taban gübresi olarak 25 kg K₂O/da'ın tamamı ile 25 kg N/da'ın üçte biri KNO₃ (15,5-0-45) gübrelereinden toprak yüzeyine serpilerek ilave edilmiş ve çapa makinesi ile toprağın 0-20 cm derinliğine karıştırılmıştır. Parseller 70 cm'ye ayarlı el markörü ile çizileri açılmış, sıra üzerlerine her 20 cm'de 2 tohum gelecek şekilde ekim yapılmış (Şekil 3.7) ve çıkışlardan sonra tekleme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Arazi deneme parsellerine gübrelere ilave edilmesi ve ekim işlemi



Şekil 3.7. Arazi denemesinin damla sulama sistemi ile sulanması

Arazi denemesindeki mısır bitkilerinin su ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla damla sulama sistemi kurulmuştur (Şekil 3.8).

Tarlada kurulan denemede yabancı otlar geliştikçe çapa ile yabancı ot mücadelesi yapılmış, ikinci çapa ile birlikte boğaz doldurma yapılmıştır.

Hasat döneminde her bir parselden örnekleme için $0,7 \text{ m}^2$ 'lik alandan (5 bitki) bitki örnekleri seçilmiş ve toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.9). Toprak özellikleri, verim ve verim parametrelerinin belirlenmesi için laboratuarda ön hazırlıklar (kurutma, öğütme, eleme vb.) yapılmıştır. Hasat sonrasında bitkilerin; bitki boyu (toprak üstünden püskül ucuna kadar cm cinsinden), gövde çapı (ilk boğum üzerinden kumpas kullanılarak mm cinsinden), yaprak ağırlığı, gövde ağırlığı ve tane ağırlığı belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Denemenin hasat edilmesi ve ölçümlerin yapılması

3.2.4. Toprak analizleri

a. Toprak tekstürü

Toprakların tekstürleri Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Hortage 1986).

b. Toprak reaksiyonu

Toprak pH'sı 1:2.5'luk toprak-su süspansiyonunda potansiyometrik olarak "Cam Elektrotlu" pH metre ile ölçülmüştür (McLean 1982).

c. Kireç tayini

Toprakların kireç içerikleri Scheibler Kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson 1982).

d. Organik madde

Toprakların organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommer 1982).

e. Katyon değişim kapasiteleri

Toprakların katyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8,2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7,0) ekstrakte edilen solusyonlarda ICP OES spektrofotometresi (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile belirlenmiştir (Rhoades 1982a).

f. Değişebilir katyonlar

Toprakların değişebilir katyonları Amonyum Asetatla (1 N, pH=7,0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra Na ve K, Ca, Mg ICP OES spektrofotometresi (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile belirlenmiştir (Rhoades 1982b).

g. Yarayırlı fosfor tayini

Sodyum bikarbonatla ekstrakte edilen süzüklerde ICP OES spektrofotometresi (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile belirlenmiştir (Olsen and Sommers 1982).

h. Elektriksel İletkenlik Tayini

Topraklara ilişkin EC değerleri, 1/2.5'lik toprak-su karışımlarında EC metre kullanılarak belirlenmiştir.

i. Toplam N analizi

Toprak örneklerinin azot içeriği salisilik asit+tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjheldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

j. Toprakta yararışlı bor tayini

Azometin H yöntemine göre oluşturulan çözeltinin renk yoğunluğuna dayanarak 420 nm dalga boylu spektrofotometrede belirlenmiştir (John *et al.* 1975).

k. Bitki tarafından alınabilir mikro element tayini

Elverişli Fe, Cu, Mn ve Zn miktarları DTPA yöntemine göre ekstrakte edilen süzüklerde ICP-OES okunmak suretiyle belirlenmiştir (Lindsay and Norvell 1978).

l. Ardışık fosfor analizleri

Toprak örnekleri alınarak 0,125 mm elekten elendikten sonra Hedley *et al.* (1982a) ve Araujo *et al.* (1993) göre ardışık fosfor fraksiyonları belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Bu ardışık ekstraksiyon yöntemleri sırasıyla; çok değişken olarak düşünölen resin-Pi ve NaHCO₃-Pi ve -Po; Fe ve Al ile birleşmiş düşük dayanıma sahip NaOH'de çözünebilir fraksiyon; apatit ve diğer dirençli Ca-fosfatlar içeren H₂SO₄-Pi fraksiyonu; organik ve inorganik fosfor içerebilen ve ençok direnç gösteren fraksiyon olan residual fosfor,

inorganik ve organik fosfor toplamını oluşturacaktır (Hedley *et al.* 1982a, b; Tiessen *et al.* 1984; Wagar *et al.* 1986; Condrón and Goh 1989; Beck and Elsenbeer 1999; Dobermann *et al.* 2002).

Çizelge 3.2. Ardışık P fraksiyon yöntemi ve çözülmüş toprak fosforundaki farklılıkların önem tablosu

Kimyasal Yöntem	Ekstrakte edilebilir P formu	Jeokimyasal Önem	Ekolojik Önem
Toprak + resin+ Su – 16 saat çalkalama. Santrifüj Resin+ 0,5 mol.L ⁻¹ HCl-de 1 saat çalkalama	Resin Pi	Absorbe edilmemiş. Kristal bileşikler üzerinde tutulmuş	Toprak solüsyonuna direk geçen bitki için elverişli P. Hızlı çözünen.
Toprak + 0,5 mol.L ⁻¹ NaHCO ₃ – 16 saat çalkalama – santrifüj Süzük süzük - H ₂ SO ₄ + K ₂ S ₂ O ₈ parçalama Toplam P-inorganik P	NaHCO ₃ -Pi NaHCO ₃ -Pt NaHCO ₃ -Po	Absorbe edilmemiş. Kristal bileşikler ve toprak kolloidleri üzerinde tutulmuş Absorbe edilmemiş. Toprak kolloidleri üzerinde tutulmuş	Bitki için elverişli P. Hızlı çözünen. Kolay mineralize edilebilir bitki için elverişli P. Hızlı çözünen.
Toprak + 0,1 mol.L ⁻¹ NaOH– 16 saat çalkalama + Santrifüj Süzük Süzük - H ₂ SO ₄ + K ₂ S ₂ O ₈ çözünme Toplam P-inorganik P	NaOH-Pi NaOH-Pt NaOH-Po	Absorbe edilmemiş. Kristalin ve amorf Fe ve Al ile adsorbe olmuş ve hümik asitlerle birleşmiş. Absorbe edilmemiş. hümik asitlerle birleşmiş, Fe ve Al tarafından kimyasal olarak tutulmuş	Bitkiye çok az elverişli . Yavaş çözünen Doğrudan bitkiye elverişli değil. Yavaş çözünen.
Toprak + 1 mol. L ⁻¹ H ₂ SO ₄ – 16 saat çalkalama. Santrifüj Soil + H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂ - 360°C’ de çözünme	H ₂ SO ₄ -Pi Residual-P	Absorbe edilmiş. Pi and Po bileşikleri yüksek derecede dirençli	Doğrudan bitkiye elverişli değil. Yavaş çözünen.

*Pi, Pt, ve Po, sırasıyla inorganik, toplam ve organik fosfor. Hedley *et al.* (1982a)’dan modifiye edilmiştir

3.2.5. Bitki analizleri

a. Bitkilerin kuru madde miktarı (Yaprak-Gövde)

Bitkilerin kuru madde miktarları, 68°C de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılarak Kacar (1972)'a göre belirlenmiştir.

b. Bitkide N

Bitki örneklerinin toplam azot içerikleri salisilik-sülfürik asit ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro Kjheldahl yöntemiyle (AOAC 1990) belirlenmiştir.

c. Bitkide P

Bitki örneklerinin P içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C'de %75 mikrodalga gücünde 5 dakika, 2. adım; 180°C'de %90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. adım 100°C'de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) yakmaya tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.2.6. Gübre kullanım etkinlik parametrelerinin belirlenmesi

Farklı dozlarda uygulanan TSP ve fosfat kayası ile PGPR uygulamalarına bağlı olarak gübre kullanım etkinlik parametreleri belirlenmiştir (Dobermann 2005).

Agronomik etkinlik

$$A.E.(kg/kg) = \frac{\text{Gübreli Tane Verimi} - \text{Gübresiz Tane Verimi}}{\text{Uygulanar Gübre Miktar}}$$

Fizyolojik etkinlik,

$$F.E.(kg/kg) = \frac{\text{Gübreli (Sap+ Tane) Verimi} - \text{Gübresiz (Sap+ Tane) Verimi}}{\text{Gübreli Toplam Bitki Piçerigi} - \text{Gübresiz Toplam Bitki Piçerigi}}$$

Agrofizyolojik etkinlik,

$$A.F.E.(kg/kg) = \frac{\text{Gübreli Tane Verimi} - \text{Gübresiz Tane Verimi}}{\text{Gübreli Toplam Bitki Piçerigi} - \text{Gübresiz Toplam Bitki Piçerigi}}$$

Kullanım etkinliği,

$$K.E.(kg/kg) = \frac{\text{Gübreli (Sap+ Tane) Verimi} - \text{Gübresiz (Sap+ Tane) Verimi}}{\text{Uygulanar Gübre Miktar}}$$

P Translokasyon Etkinliği,

$$P.T.E(\%) = \frac{\text{Tanede Bulunan P Miktar}}{\text{Toplam Bitkide Bulunan P Miktar}} \times (100)$$

Geri Dönüşüm Etkinliği,

$$G.D.E(\%) = \frac{\text{Gübreli Toplam Bitki Piçerigi} - \text{Gübresiz Toplam Bitki Piçerigi}}{\text{Uygulanar Gübre Miktar}} \times (100)$$

Hasat İndeksi,

$$H.İ. = \frac{\text{Tane Verimi}}{\text{Toplam Bitki Verimi}}$$

3.2.7. İstatistiksel değerlendirme

Denemeden elde edilen veriler SPSS-13 paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, önemli bulunan ortalamalara ait verilere Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (SPSS 2004). Regrasyon analizleri polinomal artış eğrisine göre formülize edilip hesaplanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Mısır Bitkisinin Verim ve Verim Parametreleri

4.1.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu üzerine etkisi

Biyogübre uygulamalarının farklı TSP ve fosfat kayası dozlarında mısır bitkisinin bitki boyuna olan etkisini belirlemek amacıyla tane hasat döneminde serada ve tarlada her bir uygulamaya ait mısır bitkisinin boyları ölçülmüştür. Elde edilen verilere uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre sera ve tarla denemesinde hem TSP hem de fosfat kayası uygulamalarında mısır bitkisinin bitki boyu üzerine bakteri uygulamalarının ve fosfor dozlarının etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	149,689	0,632	0,538	246,867	0,665	0,522
Doz	4	136,244	0,575	0,683	347,689	0,936	0,456
Bakteri * Doz	8	109,244	0,461	0,873	249,339	0,671	0,712
Hata	30	236,822			371,400		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	323,733	3,918	0,032	411,524	4,129	0,027
Bakteri	2	31,826	0,385	0,684	242,536	2,434	0,106
Doz	4	211,808	2,564	0,060	187,768	1,884	0,141
Bakteri * Doz	8	31,667	0,383	0,920	47,608	0,478	0,861
Hata	28	82,618			99,658		
Toplam	45						

Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası uygulamalarının farklı dozları ile biyogübre uygulamalarının, mısır bitkisinin bitki boyu üzerine istatistiksel düzeyde önemli bir etkisinin olmadığı ve mısırdaki bitki boyunun TSP uygulaması ile 273,00-294,67 cm arasında, fosfat kayası uygulaması ile de 259,33-291,00 cm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin bitki boyu (cm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	277,67	284,33	273,00	278,33
	5	279,33	289,33	294,67	287,78
	10	280,33	287,33	287,67	285,11
	15	286,00	281,33	273,33	280,22
	20	279,00	288,00	275,00	280,67
	Ortalama	280,47	286,07	280,73	282,42
	FK	0	277,67	284,33	273,00
5		265,33	264,00	266,33	265,22
10		288,67	278,33	273,00	280,00
15		291,00	278,00	271,33	280,11
20		279,67	259,33	288,00	275,67
Ortalama		280,47	272,80	274,33	275,87
Tarla					
TSP	0	231,56	232,33	232,44	232,11
	5	242,33	244,56	242,56	243,15
	10	247,44	237,00	242,56	242,33
	15	246,11	241,00	240,11	242,41
	20	244,22	247,00	239,78	243,67
	Ortalama	242,33	240,38	239,49	240,73
	FK	0	231,56	232,33	232,44
5		237,11	239,33	253,22	243,22
10		241,33	238,00	247,33	242,22
15		235,11	245,44	246,33	242,30
20		236,56	239,00	241,67	239,07
Ortalama		236,33	238,82	244,20	239,79

Sera denemesinde TSP uygulamalarında farklı dozların ortalaması incelendiğinde 0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 dozlarında sırasıyla bitki boyu 278,33, 287,78, 285,11, 280,22 ve 280,67cm; fosfat kayasında ise 278,33, 265,22, 280,00, 280,11 ve 275,67 cm olarak ölçülmüştür. Bakteri ortalamaları incelendiğinde TSP’de bitki boyu bakterisiz, M3 ve C26 bakterilerinde sırasıyla 280,47, 286,07 ve 280,73 cm, fosfat kayasında ise 280,47, 272,80 ve 274,33 cm kaydedilmiştir.

Tarla denemesinde TSP uygulamalarında bakterilerin ortalaması incelendiğinde bakteri uygulanmayan parsellerde mısırdaki bitki boyu 242,33cm, M3 bakterisinde 240,38cm ve C26 bakterisinde ise 239,49 cm olarak belirlenmiştir. Fosforun farklı dozları incelendiğinde dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P_2O_5 uygulamalarında bitki boyu sırasıyla 232,11, 243,15, 242,41 ve 243,67 cm kaydedilmiştir. Fosfat kayasında bitki boyu bakterisiz uygulamada, M3 bakterisinde ve C26 bakterisinde sırasıyla ortalama 236,33, 238,82 ve 244,20 cm bulunmuştur. Fosfor dozu ortalamalarına bakıldığı zaman dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P_2O_5 dozlarında bitki boyu sırasıyla 232,11, 243,22, 242,22, 242,30 ve 239,07 cm belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Yapılan benzer bir çalışmada PGPR uygulamaları ile farklı dozda uygulanan fosforlu gübre kaynaklarının mısır bitkisinin bitki boyunda istatistiksel olarak önemli değişimlere neden olmadığı belirtilmiştir (Mehrvarz *et al.* 2008).

4.1.2. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin gövde çapı üzerine etkisi

Biyogübre uygulamalarının farklı TSP ve fosfat kayası dozlarında mısır bitkisinin gövde çapına olan etkisini belirlemek amacıyla tane hasat döneminde sera ve tarla denemesinde her bir uygulamaya ait parsellerde mısır bitkisinin gövde çapları ölçülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre hem TSP hem de fosfat kayası uygulamalarında mısırdaki gövde çapı

üzerine bakteri uygulamalarının ve fosfor dozlarının etkisi her iki denemede de istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin gövde çapı üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	1,041	0,513	0,604	1,087	0,598	0,556
Doz	4	1,373	0,677	0,613	0,622	0,342	0,848
Bakteri * Doz	8	1,791	0,882	0,543	1,362	0,749	0,649
Hata	30	2,030			1,819		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	1,384	0,644	0,533	1,096	0,406	0,670
Bakteri	2	3,855	1,793	0,185	4,265	1,580	0,224
Doz	4	4,818	2,241	0,090	5,156	1,911	0,136
Bakteri * Doz	8	2,035	0,947	0,496	2,500	0,926	0,510
Hata	28	2,150			2,699		
Toplam	45						

Sera denemesinde fosfor kaynağı olarak TSP kullanıldığı zaman artan fosfor dozlarına göre gövde çapı 24,16-26,71 mm arasında değişim gösterirken fosfat kayasında ise gövde çapı 23,77-25,85 mm arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4).

Tarla denemesinde fosforlu gübre kaynağı olarak TSP uygulandığı zaman bakterisiz, M3 ve C26 bakterisi uygulanan parsellerde mısırdaki gövde çapı 25,55, 25,36 ve 26,32 mm olarak, kaya fostatı kullanıldığı zaman ise 24,92, 25,39 ve 25,99 mm belirlenmiştir. Dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg TSP dozlarında mısırdaki gövde çapı ortalama 24,58, 25,53, 26,15, 26,47 ve 25,98 mm bulunmuştur. Aynı fosfat kayası dozlarında ise gövde çapı 24,58, 24,78, 25,45, 26,12 ve 26,25 mm kaydedilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin gövde çapı (mm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	25,85	24,16	25,33	25,12
	5	24,57	24,89	24,46	24,64
	10	24,45	25,26	24,97	24,89
	15	24,24	26,18	25,15	25,19
	20	24,96	25,40	26,71	25,69
	Ortalama	24,81	25,18	25,33	25,11
FK	0	25,85	24,16	25,33	25,12
	5	23,77	25,50	25,15	24,81
	10	24,64	24,81	24,92	24,79
	15	24,96	25,25	25,04	25,08
	20	23,92	24,16	25,31	24,47
	Ortalama	24,63	24,78	25,15	24,85
Tarla					
TSP	0	24,39	23,38	25,98	24,58
	5	24,20	25,84	26,56	25,53
	10	26,59	25,59	26,27	26,15
	15	26,45	25,80	27,15	26,47
	20	26,11	26,19	25,63	25,98
	Ortalama	25,55	25,36	26,32	25,74
FK	0	24,39	23,38	25,98	24,58
	5	24,38	24,13	25,84	24,78
	10	24,95	25,98	25,41	25,45
	15	26,16	26,01	26,19	26,12
	20	24,75	27,47	26,52	26,25
	Ortalama	24,92	25,39	25,99	25,44

4.1.3. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisi

Sera denemesinde artan fosfor dozlarının mısır bitkisinde kuru madde verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçlarına göre hem TSP hem de

fosfat kayasında dozların etkisi ($P<0,05$) önemli bulunurken bakteri ve bakteri x doz interaksyonunu önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	97,953	1,671	0,205	126,658	2,009	0,152
Doz	4	160,427	2,736	0,047	201,191	3,191	0,027
Bakteri * Doz	8	18,591	0,317	0,953	8,455	0,134	0,997
Hata	30	58,636			63,049		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	7032	0,892	0,419	30084	5,020	0,014
Bakteri	2	37569	4,794	0,016	93651	15,626	0,000
Doz	4	122981	15,692	0,000	159169	26,557	0,000
Bakteri * Doz	8	8324	1,062	0,416	7507	1,253	0,307
Hata	28	7837			5993		
Toplam	45						

TSP uygulanan tarla denemesinde toplam bitki kuru ağırlığı üzerine biyogübre uygulamalarının etkisi ($P<0,05$) ve fosfor dozlarının etkisi ($P<0,01$) önemli bulunmuştur. Fosfat kayasında ise hem fosfor dozu hem de biyogübre uygulamalarının etkisi ($P<0,01$) önemli bulunmuştur. Her iki uygulamada da kuru madde verimi üzerine interaksyonun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Sera denemesinde TSP uygulamasında fosfor dozlarının ortalamasına göre en fazla kuru madde verimi 112,16 g/saksı ile 20 kg/da P_2O_5 uygulamasından elde edilmiş olup bu uygulama ile 5, 10 ve 15 kg/da P_2O_5 uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.6). En düşük kuru madde verimi ise 101,47 g/saksı ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Artan dozlarda fosfor uygulamalarında kontrole göre kuru madde veriminde artış oranı sırasıyla %5,11, %8,15, %8,97 ve %10,54 bulunmuştur. Bakteri uygulamaları incelendiğinde en fazla kuru madde verimi 109,91 g/saksı C26 bakterisinden elde edilmiş, bunu 109,24 g/saksı ile M3 bakterisi izlemiş ve en düşük kuru madde verimi ise 105,19 g/saksı ile bakteri uygulanmayan bitkilerden

elde edilmiştir. M3 ve C26 bakterisinden elde edilen kuru madde veriminde kontrole göre sırasıyla %3,85 ve %4,49 artış oranı hesaplanmıştır. Bakteri ve doz uygulamaları genel olarak incelendiğinde ise en düşük kuru madde verimi 98,50 g/saksı ile kontrol grubundan elde edilirken en yüksek kuru madde verimi 20 kg/da P₂O₅+C26 bakteri uygulamasından elde edilmiş (117,21 g/saksı) ve kontrole göre %18,99 oranında artış sağlamıştır.

Sera denemesinde fosfat kayasında da artan fosfor dozlarına göre kuru madde veriminde TSP ile benzer sonuçlar elde edilmiş en yüksek kuru madde verimi 113,01 g/saksı ile 20 kg/da P₂O₅ uygulamasında elde edilmiş olup bu uygulama ile diğer fosfor uygulama dozları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En düşük kuru madde verimi kontrol parselinde elde edilmiştir. Kuru madde veriminde artış oranı 5, 10, 15 ve 20 g/saksı fosfor uygulamalarında kontrole göre sırasıyla %3,29, %6,90, %9,76 ve %11,73 olarak bulunmuştur. Bakteri ortalamaları incelendiğinde en fazla kuru madde verimi 111,07 g/saksı ile M3 bakterisinden elde edilmiş bunu sırasıyla 106,92 g/saksı ile C26 bakterisi ve 105,48 g/saksı ile bakterisiz kontrol uygulaması takip etmiştir. Bakterisiz uygulamalara göre M3 bakterisi kuru madde verimini %5,30 C26 bakterisi ise %1,37 artırmıştır. Bakteri ve doz ortalamaları genel olarak incelendiğinde ise en düşük kuru madde verimi 98,50 g/saksı ile bakterisiz fosfor uygulanmayan örneklerden elde edilirken en yüksek kuru madde verimi 114,30 g/saksı ile 20 kg/da P₂O₅ dozunda M3 bakterisinden elde edilmiş ve %16,04'lük artış oranı gözlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde verimi üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera (g/saksı)					
TSP	0	98,50	105,27	100,63	101,47 B
	5	103,19	109,25	107,51	106,65 AB
	10	106,54	112,17	110,51	109,74 A
	15	108,10	109,90	113,71	110,57 A
	20	109,63	109,63	117,21	112,16 A
	Ortalama	105,19	109,24	109,91	108,12
FK	0	98,50	105,27	100,63	101,47 B
	5	102,50	110,03	101,87	104,80 AB
	10	105,77	112,90	106,73	108,47 AB
	15	109,15	112,87	112,10	111,37 A
	20	111,46	114,30	113,27	113,01 A
	Ortalama	105,48	111,07	106,92	107,82
Tarla (kg/da)					
TSP	0	875,24	970,00	1109,42	984,89 C
	5	1033,71	1189,31	1204,37	1142,46 B
	10	1222,46	1236,40	1236,71	1231,86 A
	15	1244,95	1271,12	1283,45	1266,51 A
	20	1229,65	1259,61	1265,22	1251,50 A
	Ortalama	1121,20 B	1185,29 AB	1219,83 A	1175,44
FK	0	875,24	970,00	1109,42	984,89 C
	5	1019,64	1131,82	1139,64	1097,04 B
	10	1069,49	1151,22	1223,38	1148,03 B
	15	1230,70	1243,84	1322,52	1265,69 A
	20	1183,18	1414,77	1354,82	1317,59 A
	Ortalama	1075,65 B	1182,33 A	1229,96 A	1162,65

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

TSP uygulanan tarla denemesinde ortalama fosfor dozları incelendiğinde en yüksek kuru madde verimi 1266,51 kg/da ile dekara 15 kg P₂O₅ dozundan elde edilirken bu doz ile dekara 10 ve 15 kg P₂O₅ dozları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük kuru madde verimi ise 984,89 kg/da ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kontrole göre dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında kuru madde verimi sırasıyla

%16, %25,08, %28,59 ve %27,07 artmıştır (Çizelge 4.6). Bakteri ortalamaları incelendiğinde en yüksek kuru madde verimi 1219,83 kg/da ile C26 bakterisinden elde edilmiş bunu 1185,29 kg/da ile M3 bakterisi takip etmiş ve en düşük verim bakteri uygulanmayan örneklerden elde edilmiştir. Artan fosfor dozlarına göre bakteriler karşılaştırıldığında en düşük kuru madde verimi 875,24 kg/da ile fosfor ve bakteri uygulanmayan örneklerden elde edilirken en yüksek verim 1283,45 kg/da ile 15 kg/da P₂O₅ dozundan C26 bakterisinden elde edilmiş ve %46,64'lük kuru madde verim artışı elde edilmiştir. Genel olarak bakteri uygulanmayan, M3 ve C26 bakterisi uygulanan tüm örneklerde artan TSP dozlarına bağlı olarak mısırdaki kuru madde verimi artmıştır.

Tarla denemesinde fosfat kayası uygulamaları incelendiğinde bakteri uygulanmayan, M3 ve C26 bakterileri uygulanan örneklerde artan fosfor dozlarına bağlı olarak kuru madde verimi artmıştır. Fosfor dozu ortalamaları incelendiğinde en yüksek kuru madde verimi 1317,59 ve 1265,69 kg/da ile dekara 20 ve 15 kg fosfor dozlarından, en düşük kuru madde verimi ise 984,89 kg/da ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına göre dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ uygulamalarında sırasıyla %2,25, %16,56, %28,51 ve %33,78'lik verim artışı kaydedilmiştir. Bakteriler incelendiğinde M3 ve C26 bakterileri bakteri uygulanmayan örneklere göre verimi %9,92 ve 14,35 oranında artırmıştır (Çizelge 4.12).

Sera ve tarla denemeleri toplu olarak değerlendirildiğinde, hem serada hem tarlada bitki boyu ve gövde çapı arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kuru madde verimine ait değerler incelendiğinde doz ortalamalarına göre TSP ve fosfat kayası uygulamalarında artan fosfor dozlarına bağlı olarak kuru madde verimi hem tarlada hem de serada artmıştır. Sera ve tarla kuru madde toplu değerlendirildiğinde en fazla kuru madde verimi dekara 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarından elde edilmiştir. Mısır bitkisinde değişik fosfor dozları ile yapılan denemeler kontrole göre artan fosfor dozlarını mısırdaki kuru madde verimini arttırdığı değişik araştırmacılar tarafından da bildirilmiş ve yapılan bu çalışma ile benzer sonuçlar elde etmişlerdir (Alias *et al.* 2003; Hussein 2009; Masood *et al.* 2011).

Yapılan diğer benzer çalışmalarda farklı PGPR uygulamaları ile kontrole göre buğdayda %259, mısırdaki %112, arpada %234, balkabağında %112 ve domateste %119 kuru madde artışı elde edildiği ifade edilmiştir (Saber 2001). PGPR'ların toprağa ilave edilen gübrelere etkinliklerini artırdığı, çeltik (Sudha *et al.* 1999; Khan *et al.* 2003), arpa (Çakmakçı vd 1999, 2001; Şahin vd 2004), buğday (Öztürk vd 2003), çilek (Güneş vd 2009) ve mısır (Pal 1999) gibi bitkilerde kuru madde miktarlarında önemli artışların meydana gelmesine neden oldukları belirtilmiştir (Karakurt vd 2009).

4.1.4. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisi

Artan fosfor dozlarının ve biyogübre uygulamalarının sera denemesinde mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçlarına göre TSP'de bakteri ve dozun etkisi istatistiksel olarak ($P < 0,01$) düzeyinde önemli, bakteri x doz etkisinin etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunurken fosfat kayasında bakterinin etkisi ($P < 0,01$) önemli, dozun ve bakteri x doz etkisinin etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Tarla denemesinde ise TSP ve fosfat kayası uygulamalarında tane verimi üzerine bakteri ve fosfor dozu uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak ($P < 0,01$) önemli, etkisinin etkisi ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.7).

TSP uygulanan sera denemesinde fosfor dozu ortalamalarına ait veriler (Çizelge 4.8) incelendiğinde en fazla tane verimi 53,51 g/saksı ile 15 kg/da P_2O_5 uygulamasından elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 53,16, 51,26 ve 50,34 g/saksı ile 10, 5 ve 20 kg/da P_2O_5 uygulamaları takip etmiştir. En az tane verimi ise 46,48 g/saksı ile fosfor uygulanmayan parsellerden elde edilmiştir. Fosfor uygulanmayan parsellere göre 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 uygulamalarında tane veriminde artış sırasıyla %10,30, %14,39, %15,13 ve %8,32 olarak kaydedilmiştir. Bakteri uygulamaları ortalamaları incelendiğinde ise kontrole göre M3 bakterisinde %4,98, C26 bakterisinde ise %8,59 tane verimi artışı elde edilmiştir. TSP dozlarına göre bakteriler incelendiğinde artan P_2O_5 dozlarına göre

kontrol, M3 ve C26 bakterilerinde tane veriminde artış elde edilmiştir. En düşük tane verimi 41,32 g/saksı ile kontrol uygulamasından elde edilirken en yüksek tane verimi 56,91 g/saksı ile 15 kg/da P₂O₅ dozunda C26 bakterisinden elde edilmiştir. Kontrole göre %37,72 artış oranı elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	66,264	6,322	0,005	283,249	13,911	0,000
Doz	4	71,811	6,851	0,000	42,960	2,110	0,104
Bakteri * Doz	8	12,106	1,155	0,358	2,189	0,108	0,999
Hata	30	10,482			20,362		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	8087	2,906	0,071	7438	2,078	0,144
Bakteri	2	73377	26,367	0,000	82599	23,071	0,000
Doz	4	63547	22,835	0,000	64937	18,138	0,000
Bakteri * Doz	8	2264	0,814	0,597	3286	0,918	0,516
Hata	28	2782			3580		
Toplam	45						

Fosfat kayası uygulanan sera denemesinde fosfor dozu ortalamaları incelendiğinde ise en az tane verimi 46,48 g/saksı ile kontrol uygulamasından elde edilirken en yüksek tane verimi 51,86 g/saksı ile 20 kg/da P₂O₅ uygulamasından elde edilmiştir. Bakteri ortalamaları incelendiğinde ise bakterisiz uygulamadan 44,86 g/saksı tane verimi elde edilirken M3 ve C26 bakterilerinden sırasıyla 52,44 ve 52,33 g/saksı tane verimi elde edilmiştir. M3 bakterisi tane verimini %16,90, C26 bakterisi %16,65 artırmıştır. Fosfat kayası dozlarına göre bakteri uygulamaları incelendiğinde en düşük tane verimi kontrol uygulamasından elde edilmiş. En yüksek tane verimi ise 55,32 g/saksı ile 15 kg/da P₂O₅ dozunda C26 bakterisinden elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera (g/saksı)					
TSP	0	41,32	49,08	49,03	46,48 B
	5	50,00	51,43	52,36	51,26 A
	10	53,15	53,33	53,01	53,16 A
	15	51,57	52,05	56,91	53,51 A
	20	47,69	49,98	53,36	50,34 A
	Ortalama	48,75 B	51,17 A	52,93 A	50,95
FK	0	41,32	49,08	49,03	46,48
	5	45,34	51,19	51,11	49,21
	10	45,16	53,17	52,35	50,23
	15	45,31	54,24	55,32	51,62
	20	47,18	54,54	53,86	51,86
	Ortalama	44,86 B	52,44 A	52,33 A	49,88
Tarla (kg/da)					
TSP	0	727,58	810,06	924,12	820,59 C
	5	881,79	940,23	1007,70	943,24 B
	10	940,90	957,24	1106,33	1001,49 A
	15	978,59	1034,31	1069,82	1027,57 A
	20	947,77	1010,93	1063,24	1007,31 A
	Ortalama	895,33 C	950,55 B	1034,24 A	960,04
FK	0	727,58	810,06	924,12	820,59 C
	5	809,94	943,78	1003,61	919,11 B
	10	897,42	1026,24	1019,54	981,07 A
	15	936,08	1031,48	1042,65	1003,40 A
	20	968,76	1086,07	1052,56	1035,80 A
	Ortalama	867,95 B	979,53 A	1008,50 A	951,99

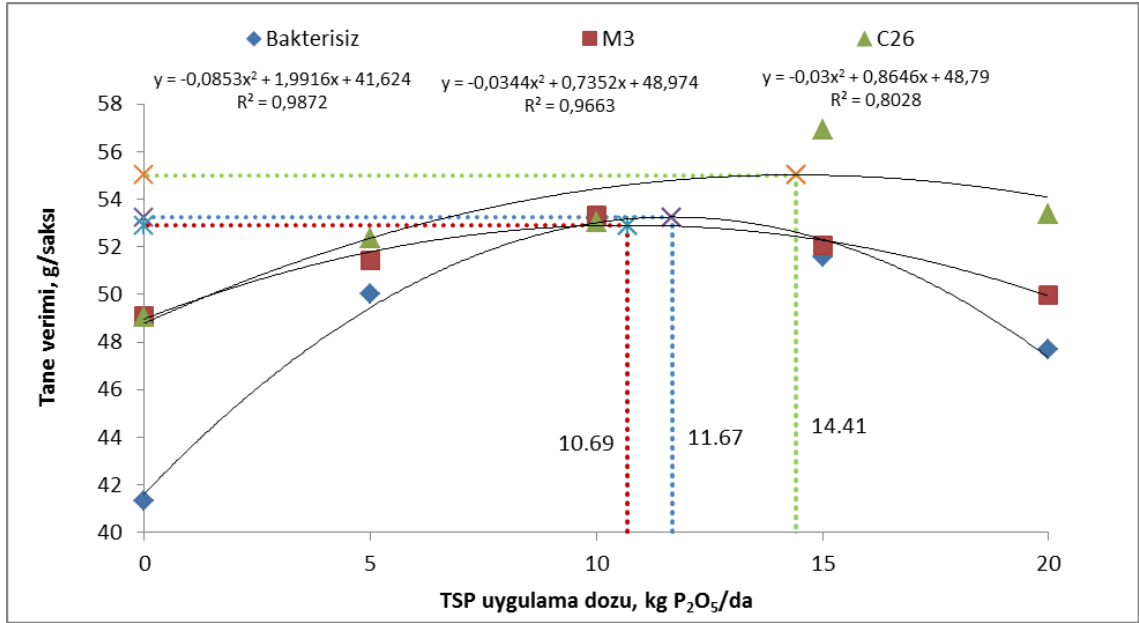
*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Tarla denemesinde artan TSP dozlarına bağlı olarak mısırdaki tohum veriminin arttığı görülmektedir (Çizelge 4.16). Doz ortalamaları incelendiğinde en yüksek tohum verimi 1027,57 kg/da ile dekara 15 kg P₂O₅ dozundan elde edilirken bu doz dekara 20 ve 10 kg (1007,31 ve 1001,49 kg/da) dozları ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük tohum verimi dekara 820,59 kg ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Dekara 5,

10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında kontrole göre verim artışı sırasıyla %14,95, 22,05, 25,22 ve 22,75 olarak kaydedilmiştir. Bakteri ortalamaları incelendiğinde, en fazla tohum verimi dekara 1034,24 kg ile C26 bakterisinden elde edilmiş, bunu dekara 950,55 kg ile M3 bakterisi izlemiştir. En düşük tohum verimi dekara 895,33 kg ile bakteri uygulanmayan örneklerden elde edilmiştir, Bakterisiz uygulamalara göre M3 ve C26 bakterisi tohum verimini sırasıyla %6,17 ve 15,52 oranında artırmıştır.

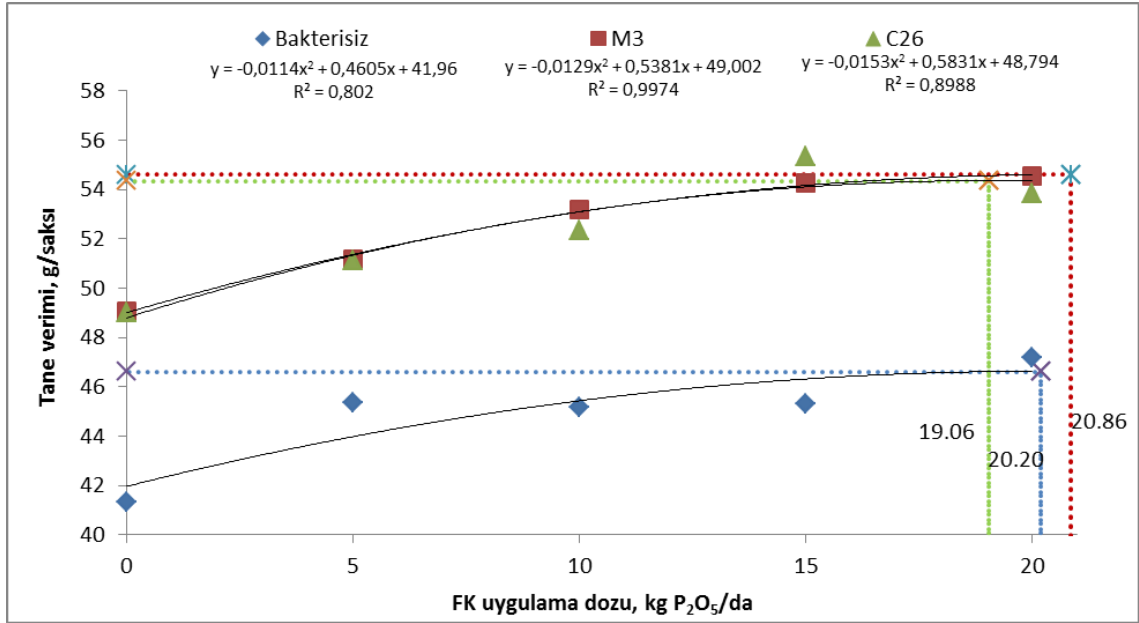
Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde de tohum verimi artan P₂O₅ dozuna göre yükselmiştir. Fosfor dozu ortalamaları incelendiğinde en yüksek tohum verimi 1035,80 kg/da ile dekara 20 kg P₂O₅ dozundan elde edilmiş bu doz ile dekara 15 ve 10 kg P₂O₅ (1003,40 ve 981,07 kg/da) dozları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Kontrole göre dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında sırasıyla %12,01, 19,56, 22,28 ve 26,23'lük verim artışı kaydedilmiştir. Bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek tohum verimi dekara 1008,50 ve 979,53 kg ile C26 ve M3 bakterilerinden elde edilmiş ve bakterisiz uygulamalara göre %12,86 ve 16,19'lük verim artışı elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Regrasyon analizlerine göre TSP uygulanan sera denemesinde optimum tane verimi bakterisiz uygulamada 11,67 kg/da P₂O₅ dozunda 53,25 g/saksı, M3 bakterisi uygulamasında 10,69 kg/da P₂O₅ dozunda 52,90 g/saksı ve C26 uygulamasında ise 14,41 kg/da P₂O₅ dozunda 55,02 g/saksı olarak belirlenmiştir. Optimum tane verimlerine göre TSP uygulanan sera denemesinde bakterisiz uygulama ile M3 bakterisi uygulaması arasında bir fark görünmez iken C26 bakterisi uygulamasında optimum tane veriminin %3,3 daha fazla olduğu belirlenmiştir. TSP uygulanan sera denemesinde bakterisiz uygulamada optimum tane veriminin (53,25 g/saksı) elde edildiği 11,68 kg/da P₂O₅ dozu ile M3 bakterisi uygulamasında %0,71 azalışla 52,86 g/saksı ve C26 bakterisi uygulamasında ise %2,90 artışla 54,79 g/saksı tane verimi elde edilmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Sera denemesinde TSP ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regresyon grafiği

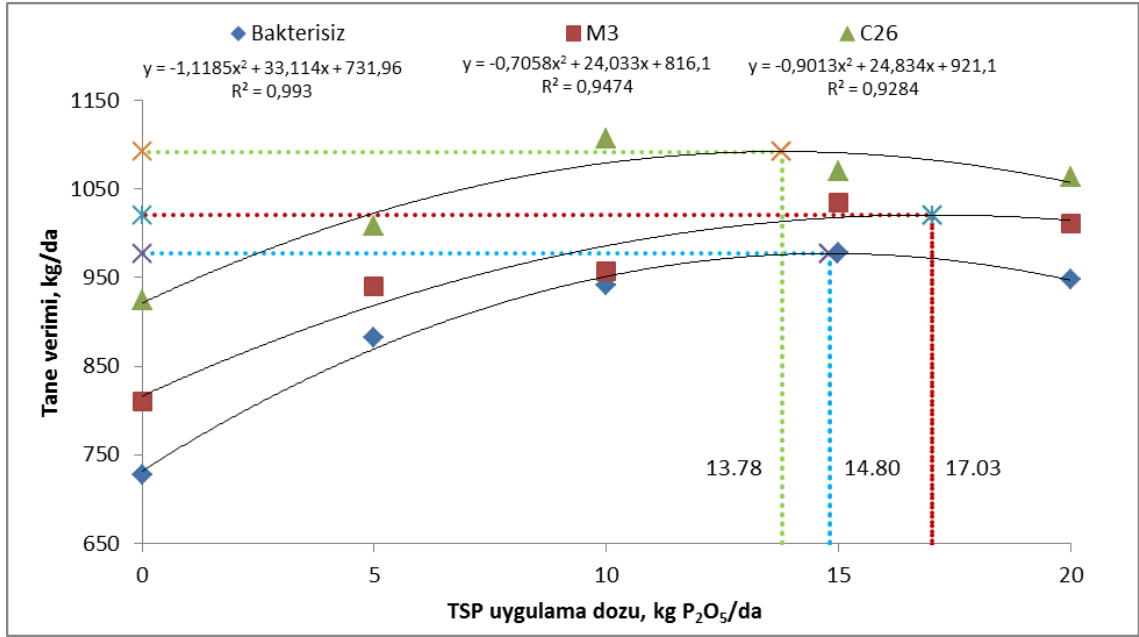
Fosfat kayası uygulanan sera denemesinde optimum tane verimi regresyon analizlerine göre bakterisiz uygulamada 20,20 kg/da P₂O₅ dozunda 46,61 g/saksı, M3 bakterisi uygulamasında 20,86 kg/da dozunda 54,61 g/saksı ve C26 uygulamasında ise 19,06 kg/da dozunda 54,35 g/saksı elde edilmiştir. Bakterisiz uygulamaya göre M3 bakteri uygulaması %17,17 artış, C26 uygulaması ise %16,60 optimum tane veriminde artışa neden olmuştur. Sera denemesinde bakterisiz fosfat kayası uygulamasında optimum tane veriminin (46,61 g/saksı) elde edildiği 20,28 kg/da P₂O₅ dozu ile M3 bakterisi uygulamasında %17,16 artışla 54,61 g/saksı ve C26 bakteri uygulamasında ise %16,56 artışla 54,33 g/saksı tane verimi elde edilmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Sera denemesinde fosfat kayası ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regrasyon grafiği

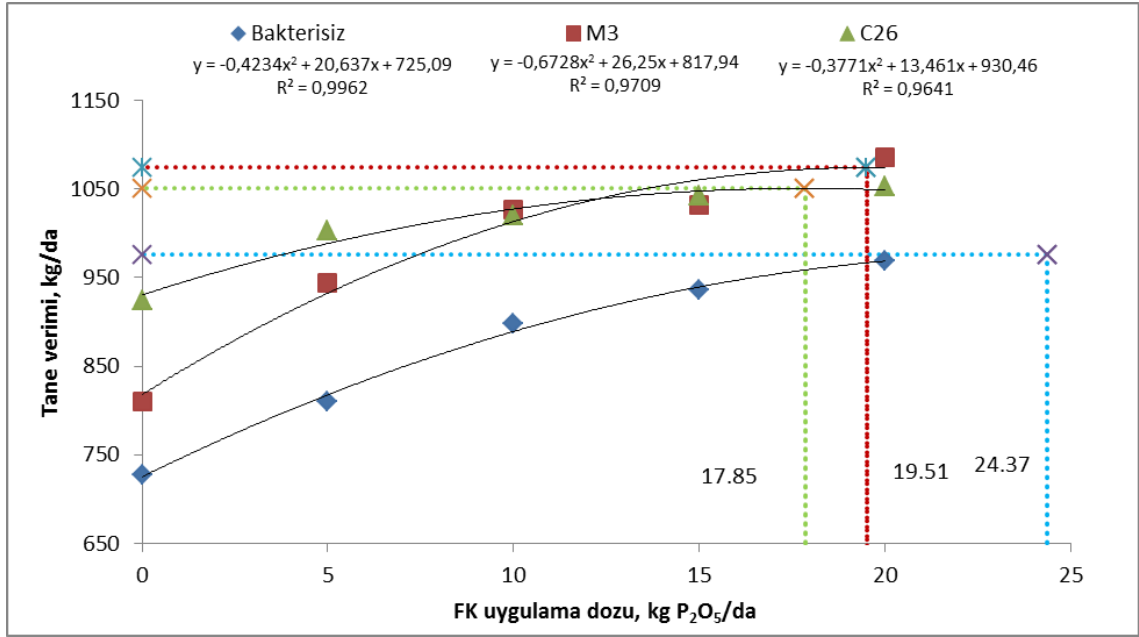
Genel olarak regrasyon grafiklerine baktığımızda sera denemesinde optimum tane verimi üzerine bakteri uygulamalarının TSP gübre uygulamalarında bir etkisi görülmez iken, fosfat kayası uygulamalarında her iki bakteri uygulamalarının optimum tane verimini önemli derecede artırdığı görülmektedir.

Regrasyon analizine göre, tarla denemesinde bakteri aşılması yapılmayan TSP uygulamasında en yüksek tane verimi (977,51 kg/da) 14,80 kg/da P₂O₅ dozunda elde edilirken, M3 bakteri uygulamalarında 17,03 kg/da dozunda (1020,69 kg/da) ve C26 bakterisi uygulamalarında ise 13,78 kg/da P₂O₅ dozunda (1092,17 kg/da) elde edilmiştir. Bakterisiz uygulamaya göre M3 bakterisi uygulamasından %4,47; C26 bakterisi uygulamasında ise %11,78 artış elde edilmektedir. Regrasyon grafiğine baktığımızda bakterisiz TSP uygulanan tarla denemesinde maksimum ürünün alındığı 14,80 kg/da P₂O₅ dozunda, M3 bakteri uygulamasıyla %4,11 artışla 1017,20 kg/da tane verimi ve C26 bakteri uygulamasıyla ise %11,68 artışla 1091,22 kg/da tane verimi elde edilebilmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Tarla denemesinde TSP ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regresyon grafiği

Tarla denemesine ait regresyon analizi sonuçlarına göre, bakteri aşılması yapılmadığında fosfat kayası uygulamasında en yüksek tane verimi (975,90 kg/da) 24,37 kg/da P₂O₅ dozunda elde edilmiştir. M3 ve C26 bakteri uygulamalarında ise en yüksek tane verimi sırasıyla 19,51 kg/da P₂O₅ (1073,98 kg/da) ve 17,85 kg/da P₂O₅ dozundan (1050,57 kg/da) sağlanmıştır. . M3 ve C26 bakteri uygulamaları bakterisiz uygulamaya göre tane veriminde sırasıyla %10,05 ve %7,65 artış gerçekleştirmiştir. Bakterisiz fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde maksimum tane veriminin alındığı 24,37 kg/da P₂O₅ dozunda, regresyon grafiğine göre M3 bakteri uygulamasıyla %8,42 artış ile 1058,08 kg/da ve C26 bakterisi uygulamasıyla ise %6,01 artış ile 1034,54 kg/da tane veriminin alınabileceği görülmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Tarla denemesinde fosfat kayası ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane verimi üzerine etkisine ait regresyon grafiği

Genel olarak TSP ve fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde optimum tane verimi üzerine M3 ve C26 bakteri uygulamalarının bakterisiz uygulamalara göre önemli düzeylerde artışa neden oldukları regresyon analizlerinden ortaya çıkmaktadır.

Bakteri uygulamaları serada kuru madde verimini artırmasına rağmen bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Tarlada ise hem TSP'de hem de fosfat kayasında bakteri uygulamaları kuru madde verimini bakterisiz kontrol parsellerine göre artırmıştır. Her iki uygulamada da en yüksek verim C26 bakterisinden elde edilmiş olup, M3 bakterisinden elde edilen verim ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Benzer sonuçlar tane veriminde de elde edilmiştir. Bitki gelişim düzenleyici bakterilerin kullanımı ile bitkide verim artışının sağlandığı birçok araştırmacı tarafından da bildirilmektedir (Çakmakçı vd 2001; Şahin vd 2004; Orhan vd 2006; Hameeda *et al.* 2008; Ekin 2010; Eşitken vd 2010; Ashrafi and Seiedi 2011; Faramarzi *et al.* 2012). Hameeda *et al.* (2008) fosfor uygulamalarının ve fosfat çözücü bakterilerin mısır bitkisinde serada ve tarlada bitki boyu ve bitki kuru ağırlığını, tarlada tane verimini toplam kuru madde ve sap verimini artırdığını bildirmektedir. Ekin (2010) ayçiçeğinde

Bacillus-M3 bakterisinin kontrole göre bitki boyunu değiştirmediğini ancak gövde çapını ve tohum verimini artırdığını, artan fosfor dozlarının bitki boyunu, sap çapını ve tohum verimini artırdığını ve en fazla tohum veriminin bakteri uygulanmış 10 kg/da P₂O₅ dozundan elde edildiğini bildirmektedir.

Toprakta uygulanan fosforlu gübreler ile bunların etkinliğini artırmak amacıyla uygulanan PGPR bakterilerinin organik formda bulunan fosforun elverişli forma dnerek bitki tarafından daha kolay alınmasını sağladığı ve bunun sonucunda, mısır bitkisinin tane veriminde önemli düzeylerde artışların meydana geldiği çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Javed *et al.* 1998; Rokhzadi *et al.* 2004; Hamidi *et al.* 2008; Tahir *et al.* 2009; Hussein *et al.* 2013).

4.2. Mısır Bitkisinin Fosfor İçerikleri

4.2.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane fosfor içeriği üzerine etkisi

Artan fosfor dozları ve biyogübre uygulamaları ile mısır bitkisinin tane fosfor içeriğine ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçları izelge 4.9’da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre mısır bitkisinin tane fosfor içeriği üzerine sera denemesinde fosfor dozlarının, bakteri uygulamalarının ve doz x bakteri interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Tarla denemesinde ise TSP’de tane fosfor içeriği üzerine bakteri uygulamasının ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, dozların etkisi (p<0,05) nemli bulunmuştur. Fosfat kayasında ise tanede fosfor içeriği üzerine bakteri uygulamalarının, fosfor dozlarının ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.9. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane fosfor içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	22101	0,461	0,635	35085	0,478	0,625
Doz	4	63636	1,328	0,282	15674	0,214	0,929
Bakteri * Doz	8	4212	0,088	0,999	3282	0,045	1,000
Hata	30	47933			73393		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	36514	0,986	0,386	10590	0,268	0,767
Bakteri	2	4998	0,135	0,874	28570	0,722	0,494
Doz	4	106031	2,863	0,042	56206	1,421	0,253
Bakteri * Doz	8	40038	1,081	0,404	5163	0,131	0,997
Hata	28	37039			39556		
Toplam	45						

Tane fosfor içeriğine ait değerlerin verildiği Çizelge 4.10'a göre sera denemesinde fosfor dozu ortalamalarında artan TSP ve fosfat kayası dozlarına göre tanenin fosfor içeriği artmış ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek tane fosfor içeriği TSP uygulamalarında 2711,55 ppm ile 15 kg/da P₂O₅ uygulamasından, en düşük tane fosfor içeriği ise 2512,03 ppm ile kontrolden elde edilmiştir. Fosfat kayasında ise en yüksek tane fosfor içeriği 2621,84 ppm ile 20 kg/da ile kontrolden elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane fosfor içeriği (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	2555,34	2462,10	2518,65	2512,03
	5	2630,12	2546,71	2597,13	2591,32
	10	2695,78	2623,40	2765,85	2695,01
	15	2727,10	2717,75	2689,81	2711,55
	20	2580,91	2515,82	2635,03	2577,26
	Ortalama	2637,85	2573,15	2641,30	2617,43
FK	0	2555,34	2462,10	2518,65	2512,03
	5	2574,84	2495,45	2550,42	2540,24
	10	2648,68	2480,33	2551,87	2560,29
	15	2635,76	2566,84	2544,95	2582,52
	20	2636,02	2563,02	2666,49	2621,84
	Ortalama	2610,13	2513,55	2566,48	2563,38
Tarla					
TSP	0	2404,26	2450,27	2584,48	2479,67 B
	5	2672,09	2624,24	2657,17	2651,17 B
	10	2701,44	2683,29	2842,29	2742,34 A
	15	2735,19	2734,70	2672,78	2714,23 A
	20	2724,48	2924,23	2540,58	2729,76 A
	Ortalama	2647,49	2683,35	2659,46	2663,43
FK	0	2404,26	2450,27	2584,48	2479,67
	5	2513,37	2493,76	2554,38	2520,50
	10	2614,78	2565,07	2587,82	2589,22
	15	2646,14	2601,87	2672,31	2640,11
	20	2624,96	2630,39	2747,53	2667,63
	Ortalama	2560,70	2548,27	2629,31	2579,43

Aynı sütundaki büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Tarla denemesinde TSP uygulamalarında, fosfor doz ortalama değerleri incelendiğinde artan dozlara bağlı olarak tanede fosfor içeriği artmıştır. En yüksek tanede fosfor içeriği 2742,34 ppm ile dekara 10 kg P₂O₅ uygulamasından elde edilmiş olup, dekara 15 ve 20 kg P₂O₅ (2714,23 ve 2729,76 ppm) dozları ile istatistiksel olarak aynı sınıfta yer almıştır. Tanede en düşük fosfor içeriği ise 2479,67 ppm ile fosfor uygulanmayan

örneklerden elde edilmiştir. Fosfor uygulanmayan parsellere göre dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ uygulanan parsellerde tanede fosfor miktarı sırasıyla %6,92, %10,59, %9,50 ve %10,09 oranında artmıştır. Bakteri uygulanmayan parsellerde tanede fosfor miktarı 2404,26-2735,19 ppm arasında, M3 bakterisi uygulanan parsellerde 2450,27-2924,23 ppm ve C26 bakterisi uygulananlarda ise 2540,58-2842,29 ppm arasında değişim göstermiştir. Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde ise ortalama olarak bakteri uygulanmayan parsellerde tanede fosfor miktarı 2560,70 ppm, M3 bakterisi uygulanan örneklerde 2548,27 ppm, C26 bakterisi uygulanan örneklerde 2629,31 ppm olarak belirlenmiştir. Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde ise ortalama olarak bakteri uygulanmayan parsellerde tanede fosfor miktarı 2560,70 ppm, M3 bakterisi uygulanan örneklerde 2548,27 ppm, C26 bakterisi uygulanan örneklerde 2629,31 ppm olarak belirlenmiştir. Fosfor uygulamaları incelendiğinde dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında tanede fosfor miktarı sırasıyla 2479,67, 2520,50, 2589,22, 2640,11 ve 2667,63 ppm bulunmuştur. Fosfor kaynağı olarak TSP kullanıldığında tanede fosfor içeriğinin genel ortalaması 2663,43 ppm, fosfat kayası kullanıldığında ise 2579,43 ppm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10).

4.2.2. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriği üzerine etkisi

Sera denemesinde TSP uygulamalarında artan fosfor dozları ve biyogübre uygulamalarının yaprak fosfor içeriğine bakterilerin ve fosfor dozlarının etkisi %1 düzeyinde önemli bulunurken bakteri x doz interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Fosfat kayasında ise yaprak fosfor içeriğine bakterinin etkisi (P<0,05) önemli bulunmuş doz ve bakteri x doz interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur. Tarlada TSP uygulanan denemede yaprak fosfor içeriği üzerine bütün uygulamalarının etkisi (P<0,01) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fosfat kayası uygulanan denemede ise yaprak fosfor içeriği üzerine bakterilerin ve fosfor dozlarının etkisi önemli, bakteri x doz interaksyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	164456	9,959	0,000	37504	3,766	0,035
Doz	4	238370	14,435	0,000	23402	2,350	0,077
Bakteri * Doz	8	7667	0,464	0,871	774	0,078	1,000
Hata	30	16513			9958		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	317	0,037	0,964	9122	1,849	0,176
Bakteri	2	165564	19,335	0,000	170341	34,519	0,000
Doz	4	232226	27,120	0,000	58435	11,842	0,000
Bakteri * Doz	8	48259	5,636	0,000	7931	1,607	0,168
Hata	28	8563			4934		
Toplam	45						

Fosfor kaynağı olarak TSP kullanılan sera denemesinde fosfor dozu ortalamaları incelendiğinde yaprakta en yüksek fosfor içeriği 1122,02 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ dozundan elde edilmiş ve bu doz 1042,29 ppm ile 15 kg/da P₂O₅ dozu ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Yaprakta en düşük fosfor içeriği ise 690 ppm ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Yaprakta fosfor içeriği kontrole göre 15 ve 20 kg/da P₂O₅ uygulamalarında sırasıyla %50,87 ve 62,41 artış göstermiştir. M3 bakteri uygulamasıyla yapraklarda fosfor içeriği artarken C26 bakterisi uygulamasında ise azalış göstermiştir. Fosfat kayası uygulamalarında ise doz artışının yaprağın fosfor içeriği üzerine herhangi bir etkisi olmazken, M3 bakteri uygulamalarının diğer uygulamalara göre yaprak fosfor içeriğini artırdığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriği (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	694,01	746,27	632,26	690,84 C
	5	925,48	1071,71	794,65	930,61 B
	10	980,06	1070,59	851,12	967,26 B
	15	999,19	1195,49	932,19	1042,29 AB
	20	1033,28	1242,42	1090,37	1122,02 A
	Ortalama	926,41 B	1065,29 A	860,12 B	950,60
	FK	0	694,01	746,27	632,26
5		717,14	790,56	729,33	745,67
10		744,13	834,75	745,62	774,83
15		780,82	867,47	770,72	806,34
20		784,49	882,78	784,87	817,38
Ortalama		744,12 B	824,36 A	732,56 B	767,01
Tarla					
TSP	0	693,54 f	829,62 ef	856,67ef	793,27 D
	5	717,79 f	956,58 de	1058,22 cd	910,86 C
	10	818,30 ef	1182,58 bc	1245,18 ab	1082,02 B
	15	1191,99 bc	1368,11 a	1047,02 cd	1202,37 A
	20	1048,43 cd	1131,21 bc	1046,08 cd	1075,24 B
	Ortalama	894,01 B	1093,62 A	1050,63 A	1012,76
	FK	0	693,54	829,62	856,67
5		704,04	993,07	923,22	873,44 B
10		856,68	1055,47	960,51	957,55 A
15		846,77	1137,91	983,18	989,29 A
20		906,15	1048,35	927,93	960,81 A
Ortalama		801,43 C	1012,88 A	930,30 B	914,84

Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

TSP uygulanan tarla denemesinde doz ortalamaları incelendiğinde yaprakta en fazla fosfor içeriği 1202,37 ppm ile dekara 15 kg P₂O₅ dozundan elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 1082,02, 1075,24, 910,86 ve 793,27 ppm ile dekara 10, 20, 5 ve 0 kg P₂O₅ dozları takip etmiştir. Artan fosfor dozlarına bağlı olarak yaprakta fosfor miktarı kontrole göre dekara 5, 10,15 ve 20 kg dozlarında sırasıyla %14,82, %36,40, %51,57,

%35,55 artmıştır. Bakteri ortalamaları incelendiğinde en yüksek yaprakta fosfor içeriği 1093,62 ve 1050,63 ppm ile M3 ve C26 bakterilerinden elde edilmiştir. Bakterisiz uygulamaya göre (894,01 ppm) M3 ve C26 bakterileri yaprakta fosfor içeriğini %22,33 ve %17,52 oranında artmıştır. Dozlara göre bakteriler incelendiğinde tüm dozlarda M3 bakterisi bakterisiz uygulamaya göre yaprak fosfor içeriğini artırırken, kontrol ve M3 bakteri uygulamalarında 15 kg P₂O₅ uygulama dozuna kadar, C26 bakterisinde ise dekara 10 kg P₂O₅ uygulama dozuna kadar mısır bitkisinin yaprak fosfor içeriğinde artışa neden olurken bu dozdan sonraki artan fosfor uygulama dozlarında ise yaprak fosfor içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Fosfat kayası uygulamasında yaprak fosfor içeriği üzerine bakteri uygulamaları ve fosfor dozlarının etkisi (P<0,05) önemli bulunmuştur. Fosfat kayasında dozların ortalamaları incelendiğinde yaprakta en fazla fosfor içeriği 989,29, 960,81 ve 957,55 ppm ile dekara 15, 20 ve 10 kg P₂O₅ dozlarından elde edilmiş olup kontrol dozuna oranla bu dozlarda sırasıyla %24,71, %21,12 ve %20,71'lik fosfor artış oranı elde edilmiştir. Bakteri ortalamaları incelendiğinde yaprakta en fazla fosfor 1012,88 ppm ile M3 bakterisinden, elde edilmiş olup bunu sırasıyla 930,30 ppm ile C26 bakterisi ve 801,43 ppm ile bakteri uygulanmayan örnekler takip etmiştir. Her bir dozda bakteriler ayrı ayrı incelendiğinde bakteri uygulanmayan parsellere göre M3 ve C26 bakterileri uygulandığında tüm dozlarda yaprakta fosfor miktarı artış göstermiştir. TSP ve fosfat kayasının genel ortalaması incelendiğinde yaprakta fosfor miktarı TSP'de 1012,76 ppm, fosfat kayasında 914,84 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

4.2.3. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap fosfor içeriği üzerine etkisi

Artan TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinde sap fosfor içeriğine etkini belirlemek için yapılan varyans analizi sonucunda sera denemisinde TSP uygulamalarında saptaki fosfor içeriğine bakterinin, dozun ve bakteri x doz interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak (P<0,01) önemli bulunurken, fosfat kayası uygulamalarında ise önemsiz bulunmuştur. Tarla denemesinde TSP uygulamalarında sap fosfor içeriği üzerine bakteri, fosfor dozu ve doz x bakteri

interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak ($P<0,01$) önemli bulunmuş, fosfat kayasında ise bakteri ve fosfor dozunun etkisi istatistiksel olarak ($P<0,01$) önemli ve doz x bakteri interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap fosfor içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	189662	16,520	0,000	7500,	1,072	0,355
Doz	4	4787870	417,025	0,000	16142	2,307	0,081
Bakteri * Doz	8	77391	6,741	0,000	6347	0,907	0,524
Hata	30	11481			6996		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	14537	1,351	0,275	15397	2,271	0,122
Bakteri	2	349170	32,438	0,000	367082	54,153	0,000
Doz	4	1047882	97,348	0,000	240353	35,457	0,000
Bakteri * Doz	8	68882	6,399	0,000	13244	1,954	0,091
Hata	28						
Toplam	45						

Serada TSP uygulanan denemede doz ortalamaları incelendiğinde en yüksek fosfor içeriği 2409,13 ppm ile 20 kg/da P_2O_5 uygulamasından elde edilmiştir. Bunu sırasıyla 2147,77, 1698,28, 1160,85 ve 614,67 ile 15, 10, 5 ve 0 kg/da P_2O_5 uygulamaları takip etmiştir. Mısır sapslarında fosfor miktarı 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 dozlarında sırasıyla %88,86, %176,29, %249,42 ve %291,94 kaydedilmiştir. Bakteri ortalamaları incelendiğinde ise bakteri uygulanmayan örneklere göre M3 ve C26 bakterisinde sırasıyla %14,19 ve %11,86 oranında sapta fosfor içeriği artış göstermiştir. Bakteri uygulamalarında artan fosfor dozları ile mısır sapslarında fosfor içeriği artmış ancak her fosfor dozunda bakteriler incelendiğinde bakteri uygulanmayan örneklere göre genel bir artış gözlenmemiştir. Bu durum istatistiksel olarak bakteri x doz interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Fosfat kayasında ise artan fosfor dozlarına göre bakteri uygulamalarının sapta fosfor içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmış ve sapslarda fosfor içeriği 562,96-766,86 ppm arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap fosfor içeriği (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	614,85 h	591,36 h	637,79 h	614,67 E
	5	1065,01 g	1023,40 g	1394,14 f	1160,85 D
	10	1518,12 f	1785,41 e	1791,33 e	1698,28 C
	15	1947,13 de	2448,68 ab	2047,49 d	2147,77 B
	20	2244,00 c	2588,58 a	2394,80 bc	2409,13 A
	Ortalama	1477,82 B	1687,49 A	1653,11 A	1606,14
FK	0	614,85	591,36	637,79	614,67
	5	616,01	562,96	600,84	593,27
	10	567,76	632,96	635,44	612,06
	15	596,69	766,86	661,82	675,12
	20	663,67	720,33	682,55	688,85
	Ortalama	611,80	654,89	643,69	636,79
Tarla					
TSP	0	458,96 h	581,36 h	777,64 g	605,98 E
	5	980,67 ef	1085,07 cdef	943,54 fg	1003,09 D
	10	1011,37 def	1130,49 cdef	1195,14 cd	1112,33 C
	15	1047,49 cdef	1495,77 b	1219,68 c	1254,31 B
	20	1143,34 cde	1781,55 a	1677,04 a	1533,98 A
	Ortalama	928,37 B	1214,85 A	1162,61 A	1101,94
FK	0	458,96	581,36	777,64	605,98 C
	5	589,40	868,60	845,69	767,90 B
	10	764,86	1086,70	998,41	949,99 A
	15	766,14	1094,95	1009,61	956,90 A
	20	789,47	1148,61	1027,48	988,52 A
	Ortalama	673,77 B	956,04 A	931,76 A	853,86

Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Tarla denemesinde TSP dozların ortalaması incelendiğinde en fazla saptaki fosfor içeriği 1533,98 ppm ile dekara 20 kg P₂O₅ dozundan elde edilmiştir. En düşük değer ise 605,98 ppm ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Kontrolle göre dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozları karşılaştırıldığında sırasıyla yaprak fosfor içeriği %65,53, %83,56, %106,99 ve %153,14 artmıştır. Her bir dozda bakteri uygulamaları ayrı ayrı incelendiğinde

bakterisiz uygulamaya göre tüm dozlarda sapta fosfor içeriği artmıştır. Ortalama değerlere göre M3 ve C26 bakterisinde bakterisiz parsellere göre sırasıyla fosfor miktarı %30,86 ve %25,23 artmıştır. Fosfat kayasında dozların ortalaması incelendiğinde sapta en yüksek fosfor içeriği 988,52, 956,90 ve 949,99 ppm ile dekara 20, 15 ve 10 kg P₂O₅ dozlarından elde edilmiştir ve kontrole göre sapta fosfor miktarında sırasıyla %63,13, %57,91 ve %56,77'lik artış belirlenmiştir. Her bir fosfor dozu ayrı ayrı incelendiğinde bakteri uygulamaları bakterisizlere göre sapta fosfor içeriğini artırmıştır. Bakteri ortalama değerlerine bakıldığında M3 ve C26 bakterileri bakterisizlere göre sapta fosfor miktarını %41,89 ve %38,29 oranında artırmıştır. TSP ve Fosfat kayasının genel ortalamalarına göre TSP' de sapta fosfor 1101,94 ppm, fosfat kayasında ise 853,86 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Sera ve tarla denemelerinde tane fosfor içeriği incelendiğinde serada artan fosfat kayası dozlarına göre biyogübre uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz, TSP uygulamalarında ise sadece tarla denemesinde artan TSP dozlarının etkisi önemli bulunmuştur. Yaprak fosfor içeriğini genel olarak hem tarla hem de sera denemelerinde kontrole göre artan TSP ve Fosfat kayası dozları artırmıştır. Bakteri uygulamaların ise M3 bakteri uygulaması genel olarak yaprak fosfor içeriğini artırmıştır. Sapta ise TSP uygulamalarında artan dozlara bağlı olarak fosfor içeriği hem sera hem de tarla denemelerinde artırmış, fosfat kayasında ise sera denemelerinde istatistiksel olarak fark gözlenmezken tarla denemelerinde artmıştır. Genel olarak hem M3 hem de C26 bakterisi kontrole göre mısır bitkisinin sap fosfor içeriğini artırmıştır.

Yapılan çalışmalarda, bitkilerde yeterli miktarda P bulunması durumunda, kökler tarafından adsorbe edilen inorganik fosforun çoğu ksilem aracılığıyla genç yapraklara doğru taşınmaktadır. Ancak bazı durumlarda özellikle fosfor noksanlığının bulunduğu durumlarda floem aracılığıyla inorganik fosfor yaşlı yapraklardan gelişen gövdeye ve gövdeden köklere doğru yeniden taşınabilmektedir. Bu durum hem depo edilen inorganik fosforun serbestlenmesi hemde yaşlı yapraklardaki organik fosforun parçalanması ile açıklanmaktadır. Yaşlı yapraklarda depo edilen inorganik fosforun hareketliliğinin artmasına bağlı olarak hem genç yapraklara hemde gelişen köklere

doğru yeniden taşınım başlamaktadır. Fosfor noksanlığı çeken bitkilerde floem ile gövdeden köklere taşınan inorganik fosforun bir kısmı, daha sonra ksileme aktarılmakta ve yeniden gövdeye doğru taşınmaktadır (Mimura *et al.* 1996; Jeschke *et al.* 1997; Schactman *et al.* 1998). Bu yapılan çalışmalara bağlı olarak bakteri uygulaması ile bitkinin depo organlarında daha fazla inorganik fosfor birikimi meydana gelmiştir. Sap ve yapraklarda artan inorganik fosfor miktarına bağlı olarak, fosforun hareketliliği artmakta ve floem aracılığıyla yapraktan gövdeye ve gövdeden köke doğru taşınım meydana gelmiştir. Bu nedenle mısır bitkisinin tane fosfor içeriğinde, bakteri uygulamasına bağlı olarak azalmalar görüldüğü dşnlmektedir.

Topraklarda fosfor noksanlığı yada yüksek fiksasyon kapasitesi nedeniyle bitkiler tarafından alınan fosfor miktarı sınırlanmaktadır (Gerke 1992; Hoberg *et al.* 2005). Bunun yanında çözünürlüğü düşük fosforlu gübrelerin uygulanması da bitkilerin fosfor alımını kısıtlandırmaktadır (Vassilev *et al.* 2001). Topraktaki mevcut bulunan fosfor ya da fosforlu gübrenin çözünürlüğünü artırmak amacıyla uygulanan özellikle PGPR bakterilerinin bitkiye yararlışlı fosfor miktarının toprakta artmasına neden olduğu ve bitkilerde daha fazla fosfor biriktiğini belirtmişlerdir (Richardson, 2001; Trollove *et al.* 2003).

Yapılan benzer çalışmalarda farklı dozlarda uygulanan fosforlu gübre dozları ile farklı PGPR uygulamalarının toprakta bulunan fosforun yararlışlılık dilimini artırarak bitkiler tarafından daha fazla fosforun alınmasını ve bunun sonucunda bitki aksamlarındaki fosfor içeriğinin arttığını belirtmişlerdir (Macklon *et al.* 1997; Richardson *et al.* 2005). Toprakta bulunan farklı formlardaki fosfor, PGPR uygulaması ile bitkilere fosforun sağlanması önemli bir potansiyel olarak rol oynamaktadır (Oberson and Joner 2005). PGPR bakterilerinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği kök rizosfer bölgesinde daha etkin olarak rol aldığı, yararlışsız veya az yararlışlı formda bulunan fosforun yararlışlılık dilimini artırarak bitkiler tarafından daha kolay alınmasını sağladığı yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur (Ström *et al.* 2001, 2002; Jakobsen *et al.* 2005; Brimecombe *et al.* 2007).

4.3. Mısır Bitkisinin Bitki Azot İçerikleri

4.3.1. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriği üzerine etkisi

Farklı TSP ve fosfat kayası dozları ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriğine ilişkin verilerle yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Her iki deneme koşullarında (sera ve tarla) TSP ve fosfat kayasında tanede azot içeriği üzerine bakteri ve fosfor dozunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.15. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	0,017	1,540	0,231	0,008	0,868	0,430
Doz	4	0,016	1,378	0,265	0,017	1,847	0,146
Bakteri * Doz	8	0,010	0,844	0,573	0,002	0,205	0,988
Hata	30	0,011			0,009		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	0,033	3,011	0,065	0,010	1,278	0,294
Bakteri	2	0,017	1,586	0,223	0,012	1,602	0,219
Doz	4	0,023	2,112	0,106	0,020	2,633	0,055
Bakteri * Doz	8	0,003	0,305	0,958	0,008	1,031	0,437
Hata	28	0,011			0,008		
Toplam	45						

Sera denemesinde TSP uygulamasında mısır bitkisinde tane azot içeriği üzerine bakteri, doz ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Tanede en düşük azot içeriği %0,84 ile fosfor ve bakteri uygulanmayan örneklerden elde edilirken, en yüksek azot içeriği %1,06 ile 10 kg/da P₂O₅ dozunda M3 bakterisinde elde edilmiş ve kontrole göre %26,19'lük artış gözlenmiştir. Fosfat kayasında da TSP'ye benzer şekilde mısır bitkisinde tane azot içeriği üzerine bakterinin, dozun ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek tanede azot içeriği %1,01 ile 15

kg/da P₂O₅ dozunda M3 bakterisinden elde edilirken en düşük fosfor ve bakteri uygulanmayan örneklerden elde edilmiş ve %20,24'lük artış oranı elde edilmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin tane azot içeriği (%) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	0,84	0,93	0,85	0,87
	5	0,97	0,93	1,03	0,97
	10	0,87	1,06	0,94	0,95
	15	0,93	1,04	0,94	0,97
	20	0,92	0,91	0,92	0,92
	Ortalama	0,91	0,97	0,93	0,94
FK	0	0,84	0,93	0,85	0,87
	5	0,94	0,92	0,91	0,93
	10	0,94	1,00	0,98	0,97
	15	0,96	1,01	0,95	0,97
	20	0,90	0,92	0,89	0,90
	Ortalama	0,92	0,96	0,92	0,93
Tarla					
TSP	0	1,22	1,32	1,35	1,30
	5	1,37	1,49	1,42	1,43
	10	1,37	1,42	1,40	1,40
	15	1,36	1,40	1,35	1,37
	20	1,32	1,33	1,38	1,34
	Ortalama	1,33	1,39	1,38	1,37
FK	0	1,22	1,32	1,35	1,30
	5	1,32	1,38	1,41	1,37
	10	1,33	1,37	1,40	1,37
	15	1,42	1,46	1,40	1,42
	20	1,43	1,31	1,44	1,39
	Ortalama	1,34	1,37	1,40	1,37

TSP uygulanan tarla denemesinde doz ortamlarında tane azot içeriği dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında sırasıyla %1,30, %1,43, %1,40, %1,37 ve %1,34 olarak bulunmuştur. Bakteri ortalamaları incelendiğinde ise bakterisiz, M3 ve C26 bakterisi uygulamalarında sırasıyla mısırdaki tanede azot içeriği sırasıyla %1,33, %1,39 ve %1,38

olarak belirlenmiştir. Fosfat kayasında, tanede azot miktarı kontrol dozunda ortalama %1,30, dekara 5 kg P₂O₅ dozunda %1,37, dekara 10 kg P₂O₅ dozunda %1,37, dekara 15 kg P₂O₅ dozunda %1,42 ve dekara 20 kg P₂O₅ dozunda %1,39 olarak kaydedilmiştir. Bakterilerin ortalaması olarak tanede azot içeriği bakterisiz uygulamada %1,34, M3 bakterisinde %1,37 ve C26 bakterisinde %1,40 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

4.3.2. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak azot içeriği üzerine etkisi

Artan TSP ve fosfat kayası dozlarının ve biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinde yaprakta azot içeriğine ait yapılan varyans analizi sonuçları, Çizelge 4.17’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre TSP ve fosfat kayasının yaprakta azot içeriğine bakteri, fosfor dozu ve bakteri x fosfor dozu interaksyonunun etkisi tarla ve sera denemesinde önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.17. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak azot içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	0,003	0,690	0,509	0,002	0,645	0,532
Doz	4	0,003	0,803	0,533	0,001	0,258	0,903
Bakteri * Doz	8	0,001	0,344	0,941	0,001	0,591	0,777
Hata	30	0,004			0,002		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	0,008	1,376	0,269	0,008	1,738	0,194
Bakteri	2	0,007	1,219	0,311	0,007	1,422	0,258
Doz	4	0,012	1,939	0,132	0,009	1,906	0,137
Bakteri * Doz	8	0,004	0,720	0,673	0,001	0,163	0,994
Hata	28	0,006			0,005		
Toplam	45						

Sera denemesinde TSP uygulamalarında fosfor dozu ortalamaları incelendiğinde 0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ dozlarında yapraklarda azot içeriği sırasıyla %0,39, %0,42,

%0,42, %0,43 ve %0,41 bulunurken, fosfat kayasında %0,39, %0,38,%0,40, %0,39 ve %0,40 bulunmuştur. Bakteri ortalamaları incelendiğinde TSP’de bakterisiz, M3 ve C26 uygulamalarında yaprakta azot miktarı %0,42, %0,43 ve %0,40, fosfat kayasında ise %0,38, %0,40 ve %0,40 belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin yaprak azot içeriği (%) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	0,37	0,41	0,37	0,39
	5	0,41	0,43	0,43	0,42
	10	0,43	0,43	0,42	0,42
	15	0,43	0,44	0,42	0,43
	20	0,44	0,43	0,36	0,41
	Ortalama	0,42	0,43	0,40	0,42
	FK	0	0,37	0,41	0,37
5		0,37	0,40	0,37	0,38
10		0,38	0,42	0,40	0,40
15		0,39	0,39	0,39	0,39
20		0,38	0,37	0,44	0,40
Ortalama		0,38	0,40	0,40	0,39
Tarla					
TSP	0	0,58	0,61	0,62	0,61
	5	0,64	0,64	0,73	0,67
	10	0,64	0,65	0,72	0,67
	15	0,65	0,76	0,67	0,70
	20	0,64	0,61	0,63	0,63
	Ortalama	0,63	0,66	0,68	0,65
	FK	0	0,58	0,61	0,62
5		0,66	0,69	0,69	0,68
10		0,64	0,69	0,68	0,67
15		0,66	0,66	0,70	0,67
20		0,67	0,65	0,72	0,68
Ortalama		0,64	0,66	0,68	0,66

TSP uygulanan tarla denemesinde doz ortalamaları göre yaprak azot içeriği dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında sırasıyla %0,61, %0,67, %0,67, %0,70 ve %0,63 bulunmuştur. Bakteri ortalamaları incelendiğinde ise bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamalarında sırasıyla mısırdaki yaprak azot içeriği %0,63, %0,66, %0,68 düzeyinde belirlenmiştir. Fosfat kayasında, yaprakta azot miktarı kontrol dozunda ortalama %0,61, dekara 5kg P₂O₅ dozunda %0,68, dekara 10 kg P₂O₅ dozunda %0,67, dekara 15 kg P₂O₅ dozunda %0,67 ve dekara 20 kg P₂O₅ dozunda %0,68 düzeyinde kaydedilmiştir. Bakterilerin ortalaması olarak yaprakta azot içeriği bakterisiz uygulamada %0,64, M3 bakterisinde %0,66 ve C26 bakterisinde %0,68 düzeyinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

4.3.3. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriği üzerine etkisi

Farklı TSP ve fosfat kayası dozları ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriğine ilişkin verilerle yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19'da gösterilmiştir. TSP uygulanan sera denemesinde mısır bitkisinde sap azot içeriği üzerine bakterinin, fosfor dozunun ve bakteri x fosfor dozu interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Fosfat kayasında ise sap azot içeriği üzerine TSP'ye benzer şekilde bakterinin, fosfor dozunun ve bakteri x fosfor dozu interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur. Tarla denemesinde ise TSP'de sap azot içeriği üzerine bakteri ve fosfor dozlarının etkisi (P<0,01) önemli ve interaksiyonun etkisi önemsiz bulunurken, Fosfat kayasında fosfor dozunun etkisi (P<0,01) önemli, bakteri uygulaması ve interaksiyonun etkisi ise önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.19).

Serada TSP uygulanan denemede sapta en fazla azot içeriği %0,26 ile 20 kg/da P₂O₅ dozundan bakteri uygulanmayan örneklerden elde edilirken en düşük azot içeriği %0,20 ile M3 bakterisinden fosfor uygulanmayan örneklerden elde edilmiştir. Fosfor dozlarının ortalaması olarak sap azot içeriği 0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ dozlarında sırasıyla %0,21, %0,23, %0,23, %0,24 ve %0,25 olarak kaydedilmiştir. Bakterilerin

ortalaması incelendiğinde ise sapta fosfor içeriği bakteri uygulanmayan örnekler ile M3 ve C26 bakterilerinde %0,23 hesaplanmıştır. Fosfat kayası uygulanan denemede ise sapta azot içeriği bakteri uygulanmayan fosfor dozlarında %0,21-0,22 arasında değişim gösterirken, M3 bakterinde %0,20-0,28 ve C26 bakterisinde %0,22-0,25 arasında değişim göstermiştir. Fosfor dozlarının ortalaması olarak sap azot içeriği 0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ dozlarında sırasıyla %0,21, %0,23, %0,24, %0,23 ve %0,23 düzeyinde belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.19. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriği üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	S.D.	TSP			FK		
		K.O.	F	Ö.D.	K.O.	F	Ö.D.
Sera							
Bakteri	2	0,000079	0,049	0,953	0,004	2,572	0,093
Doz	4	0,002	1,013	0,416	0,001	0,812	0,528
Bakteri * Doz	8	0,001	0,405	0,909	0,001	0,534	0,821
Hata	30	0,002			0,002		
Toplam	45						
Tarla							
Blok	2	0,002	1,328	0,281	0,004	1,184	0,321
Bakteri	2	0,017	9,269	0,001	0,004	1,407	0,262
Doz	4	0,012	6,684	0,001	0,013	4,217	0,009
Bakteri * Doz	8	0,004	2,171	0,062	0,005	1,714	0,139
Hata	28	0,002			0,003		
Toplam	45						

TSP uygulanan tarla denemesinde dozların ortalamasına göre en fazla sapta azot %0,34 ile dekara 15 kg P₂O₅ dozundan elde edilmiş ve bu doz ile dekara 20 ve 10 kg P₂O₅ dozları (%0,33 ve %0,30) istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük azot miktarı ise %0,26 ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında kontrol dozuna göre sapta azot oranı sırasıyla %3,85, %15,38, %30,77 ve %26,92 artmıştır. Bakteri ortalamalarında sapta en fazla azot %0,32 ile M3 bakterisi uygulanmış parsellerden elde edilmiş olup, bu bakteri ile C26 bakterisi istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük azot miktarı ise bakteri uygulanmayan parsellerden elde edilmiştir. M3 ve C26 bakterileri bakteri uygulanmayan parsellere göre sapta azot miktarını %26,92 ve %15,39 artırmıştır (Çizelge 4.20).

Tarla denemesinde fosfat kayası uygulamalarında en fazla saptaki azot içeriği %0,35 ile dekara 20 kg P₂O₅ uygulamasından elde edilmiştir. Bu uygulama ile dekara 10 ve 15 kg P₂O₅ uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Dekara 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ uygulamaları kontrole göre saptaki azot içeriğini sırasıyla %3,85, %19,23, %19,23 ve %34,62 artırmıştır. Bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamalarında ise ortalama olarak saptaki azot sırasıyla %0,28, %0,32 ve %0,30 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin sap azot içeriği (%) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
Sera					
TSP	0	0,21	0,20	0,22	0,21
	5	0,21	0,23	0,25	0,23
	10	0,22	0,23	0,24	0,23
	15	0,25	0,24	0,24	0,24
	20	0,26	0,25	0,22	0,25
	Ortalama	0,23	0,23	0,23	0,23
	FK	0	0,21	0,20	0,22
5		0,22	0,24	0,25	0,23
10		0,22	0,28	0,24	0,24
15		0,20	0,23	0,25	0,23
20		0,21	0,24	0,24	0,23
Ortalama		0,21	0,24	0,24	0,23
Tarla					
TSP	0	0,24	0,28	0,25	0,26 B
	5	0,26	0,29	0,26	0,27 B
	10	0,25	0,30	0,35	0,30 AB
	15	0,25	0,41	0,35	0,34 A
	20	0,31	0,37	0,32	0,33 A
	Ortalama	0,26 B	0,33 A	0,30 A	0,30
	FK	0	0,24	0,28	0,25
5		0,22	0,28	0,31	0,27 B
10		0,32	0,31	0,30	0,31 AB
15		0,33	0,28	0,32	0,31 AB
20		0,29	0,44	0,33	0,35 A
Ortalama		0,28	0,32	0,30	0,30

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Bitkide azot içeriğine ait veriler özetlendiğinde sera denemelerinde hem TSP hem de Fosfat kayası uygulamalarında tane, yaprak ve sapta azot içeriği istatistiksel olarak uygulamalardan etkilenmemiştir. Tarla denemelerinde ise tane ve yaprak azot içeriği sera ile benzer sonuçlar sergilemesine rağmen sap azot içeriği hem TSP hem de fosfat kayası uygulamalarında özellikle dekara 20 kg P_2O_5 dozunda artmıştır. Sadece TSP uygulamalarında her iki bakteride sapta azot içeriğini kontrole göre artırmıştır. Güneş vd (2009) çilekte yaptıkları çalışmada *Bacillus* FS-3 ve *Aspergillus* FS9 bakteri uygulamaları ve fosfor dozlarına bağlı olarak yaprakta ve meyvede P ve N içeriğinin arttığını, Ekin (2010) ayçiçeğinde *Bacillus* M3 ve artan fosforlu gübre uygulamalarının tanede P içeriğini artırdığını, Rahman *et al.* (2006) mısırdaki fosforlu gübre ve mikorizal fungus *Glomus mosseae* uygulamalarının sürgünlerin N ve P içeriğini artırdığını bildirmektedirler.

4.4. Ardışık Toprak Fosfor Analizleri

4.4.1. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının resin fosfor içeriği üzerine etkisi

Mısır bitkisi yetiştirilen ve TSP uygulanan sera denemesi topraklarında resin fosfor içerikleri üzerine fosfor dozu ($P<0,01$) ve bakteri ($P<0,05$) uygulamaları ile bu uygulamaların interaksiyonlarının ($P<0,05$) etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Fakat fosfat kayası uygulaması sonucunda ise resin fosfor içerikleri üzerine dozun ve doz x bakteri interaksiyonlarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, bakteri uygulamasının etkisi ($P<0,05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21).

TSP uygulanan sera denemesi topraklarının resin fosfor içerikleri üzerine ortalama fosfor dozları incelendiğinde en yüksek resin fosfor değeri 14,48 ppm ile 20 kg/da P_2O_5 uygulamasından elde edilirken bu uygulama ile 15 kg/da P_2O_5 uygulaması istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük resin fosfor içeriği ise 8,68 ppm ile TSP uygulanmayan kontrol dozunda elde edilmiş ve bu uygulama ile 5 kg/da P_2O_5

uygulaması da istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ uygulamalarında kontrole göre artış sırasıyla %6.23, %23.79, %52.76 ve %66,69 olarak gözlemlenmiştir. Ortalama bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek resin fosfor değeri 12,18 ppm ile M3 uygulamada görülürken, bunları %8,67 azalışla bakterisiz uygulamasında ve %13,37 azalışla C26 bakteri uygulaması takip etmiştir. Bakteri ve doz uygulamaları genel olarak incelendiğinde ise en düşük resin fosfor içeriği 9,27 ppm ile bakterisiz 0 P₂O₅ dozundan elde edilirken en yüksek resin fosfor içeriği 14,41 ppm ile 15 kg/da P₂O₅ dozunda C26 bakterisinden elde edilmiş ve %55,42 artış oranı gözlenmiştir (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.21. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	10,224	4,495	0,020	2	4,766	4,381	0,021
Doz	4	57,155	25,131	0,000	4	1,972	1,813	0,152
Bakteri * Doz	8	7,027	3,090	0,012	8	0,890	0,818	0,593
Hata	30	2,274			30	1,088		
Toplam	45				45			

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının resin fosfor içerikleri üzerine ortalama bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde en yüksek resin fosfor değeri 8,84 ppm ile bakterisiz uygulamadan elde edilmiş ve M3 uygulaması ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük resin fosfor içeriği 7,75 ppm ile C26 uygulamasında görülmüş ve bunu %10,26 ve %14,05 artışla M3 ve bakterisiz uygulamalar takip etmiştir. Genel olarak bakteri ve doz uygulamaları incelendiğinde en düşük resin fosfor değeri 7,46 ppm ile 0 kg/da P₂O₅ doz C26 uygulamasında görülmüş, en yüksek resin fosfor değeri ise (10,33 ppm) %38,55 artış ile bakterisiz 20 kg/da P₂O₅ uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	9,27 cde	9,33 cde	7,46 e	8,68 C
	5	9,51 cde	10,39 cd	7,78 de	9,23 C
	10	10,05 cde	13,43 ab	8,77 cde	10,75 B
	15	11,24 bc	14,15 a	14,41 a	13,27 A
	20	15,53 a	13,57 ab	14,33 a	14,48 A
	Ortalama	11,12 AB	12,18 A	10,55 B	11,28

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	9,27	9,33	7,46	8,68
	5	8,09	8,02	7,60	7,90
	10	8,04	8,26	7,82	8,04
	15	8,49	8,35	7,94	8,26
	20	10,33	8,79	7,97	9,03
	Ortalama	8,84 A	8,55 A	7,75 B	8,38

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

4.4.2. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP uygulanan sera denemesi topraklarında NaHCO₃'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine fosfor dozu (P<0,01) ve bakteri (P<0,01) uygulamalarının etkisi önemli görülürken, doz x bakteri interaksiyon etkisi önemsiz çıkmıştır. Fosfat kayası uygulaması sonucunda ise bakteri ve doz x bakteri interaksiyonlarının etkisi %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunurken, doz uygulamasının etkisi önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.23).

TSP uygulanan sera denemesi topraklarının NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamasına bağlı olarak fosfor dozlarının ortalamaları incelendiğinde en düşük fosfor içeriği 9,74 ppm ile 0 kg/da P₂O₅ uygulamasından elde

edilmiştir. Bunu %18,41, 34,97, 48,77 ve 54,08 artışla 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 uygulamaları izlemiştir. $NaHCO_3$ 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine dozlara bağlı olarak bakteri uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde en yüksek fosfor değeri M3 bakteri uygulamasından elde edilmiş ve bu uygulamaları %5,28 ve %9,82 azalışla istatistiksel olarak aynı grupta yer alan bakterisiz ve C26 uygulaması izlemiştir. Genel olarak bakteri ve dozlarının sera topraklarının $NaHCO_3$ 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 15,80 ppm ile 15 kg/da P_2O_5 doz M3 bakterisinde görülmüştür. Bu uygulama dozunda $NaHCO_3$ 'ta çözünebilir inorganik fosfor miktarının C26 (0 kg/da P_2O_5) uygulamasından (9,45 ppm) %67,15 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların $NaHCO_3$ 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	6,573	9,648	0,001	2	3,893	3,548	0,041
Doz	4	42,344	62,151	0,000	4	1,756	1,600	0,200
Bakteri * Doz	8	0,639	0,938	0,500	8	2,961	2,699	0,023
Hata	30	0,681			30	1,097		
Toplam	45				45			

Bakteri uygulamasına bağlı olarak fosfat kayası dozlarının ortalamalarının sera denemesi topraklarında $NaHCO_3$ 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkileri 9,74 ile 10,87 ppm arasında değişim göstermiş ve dozlara bağlı olarak gerçekleşen artış istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Dozlara göre bakteri uygulamalarının ortalamalarında ise en düşük değer M3 bakterisi uygulamasında (9,87 ppm) görülürken, bunu sırasıyla %7.01 artışla bakterisiz uygulama (10,56 ppm) ve %10,09 artışla C26 uygulaması takip etmiştir. En düşük fosfor değeri 8,76 ppm ile 15 kg/da P_2O_5 dozunda M3 bakterisi uygulamasında elde edilirken, en yüksek değer %38,57 artışla 20 kg/da P_2O_5 doz uygulamasında C26 bakteri aşılmasında belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P_2O_5 (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10^8 Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	9,84	9,94	9,45	9,74 D
	5	11,73	12,74	10,14	11,54 C
	10	12,77	13,89	12,80	13,15 B
	15	14,35	14,96	14,18	14,50 A
	20	15,09	15,80	14,15	15,01 A
	Ortalama	12,76 B	13,47 A	12,14 B	12,79

Gübre	P_2O_5 (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10^8 Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	9,84 cd	9,94 cd	9,45 cd	9,74
	5	9,97 bcd	10,95 abc	9,84 cd	10,25
	10	10,78 abcd	10,31 abcd	10,89 abc	10,66
	15	11,11 abc	8,76 d	11,98 ab	10,62
	20	11,10 abc	9,37 cd	12,14 a	10,87
	Ortalama	10,56 AB	9,87 B	10,86 A	10,43

Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir ($P < 0,05$)

4.4.3. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP uygulanan sera denemesi topraklarında NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine fosfor dozu ($P < 0,01$), bakteri ($P < 0,05$) ve doz x bakteri ($P < 0,05$) uygulamalarının interaksiyonu önemli görülmüştür. Fosfat kayası uygulaması sonucunda ise bakteri ve doz uygulamalarının etkisi önemli bulunurken bunların birbirleriyle interaksiyonu önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.25).

NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine fosfor dozlarının ve bakteri uygulamalarının etkilerini araştırmak amacıyla TSP uygulanan sera denemesi topraklarında fosfor dozlarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek organik fosfor değeri 3,66 ppm ile 10 kg/da P_2O_5 uygulamasında görülmüştür. En düşük organik fosfor

değeri ise 1,74 ppm ile 0 kg/da P₂O₅ uygulamasında görülmüştür. Bakteri uygulamalarının etkileri incelendiğinde en düşük organik fosfor değeri 2,34 ppm ile bakterisiz uygulamada görülmüştür. M3 ve C26 uygulamaları bakterisiz uygulamaya göre %24,60 ve %28,20 artış göstermiş ve istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Genel olarak bakteri ve dozların NaHCO₃'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde en düşük organik fosfor değeri 1,57 ppm ile fosfor uygulanmayan M3 uygulamasında, en yüksek değer ise 4,26 ppm ile 10 kg/da P₂O₅ doz C26 uygulamasında görülmüştür ve en düşük değere göre %171,04 artış göstermiştir (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.25. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO₃'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	1,936	4,254	0,024	2	5,638	11,342	0,000
Doz	4	4,730	10,392	0,000	4	2,154	4,333	0,007
Bakteri * Doz	8	1,042	2,288	0,048	8	0,571	1,148	0,361
Hata	30	0,455			30	0,497		
Toplam	45				45			

Çizelge 4.26'da fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının NaHCO₃'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri ve doz uygulamalarının etkileri incelendiğinde bakteri uygulamalarına bağlı olarak dozların ortalamaları dikkate alındığında en düşük organik fosfor değeri 1,74 ppm ile kontrol uygulamasında görülmüştür. Bunu sırasıyla %14,38, %39,17, %51,98 ve %69,87 artışla artan dozlarda fosfat kayası uygulamaları takip etmiştir. Bakteri uygulamalarının etkisi dikkate alındığında en düşük değer bakterisiz uygulamada belirlenmiş (1,70 ppm) ve bunu istatistiksel olarak aralarında fark olmayan %42,04 artış ile M3 uygulaması ve %71,70 artışla C26 uygulaması takip etmiştir. Fosfat kayası ve bakterilerin NaHCO₃'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde en düşük organik fosfor değeri 1,14 ppm ile bakterisiz 5 kg/da P₂O₅ uygulamasında, en yüksek organik

fosfor değeri ise %206,06 artışla 20 kg/da P₂O₅ doz M3 bakterisi ile 10 kg/da P₂O₅ doz C26 bakterisi uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.26. Sera denemesinde artan TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO₃'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	1,76 cd	1,57 d	1,88 cd	1,74 C
	5	2,59 bcd	3,06 abc	3,56 ab	3,07 AB
	10	3,57 ab	3,14 abc	4,26 a	3,66 A
	15	2,07 cd	4,09 a	2,56 bcd	2,91 B
	20	1,72 d	2,72 bcd	2,74 bcd	2,39 B
	Ortalama	2,34 B	2,92 A	3,00 A	2,75

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	1,76	1,57	1,88	1,74 C
	5	1,14	2,11	2,71	1,99 BC
	10	1,52	2,23	3,50	2,42 ABC
	15	2,11	2,67	3,14	2,64 AB
	20	1,98	3,50	3,38	2,95 A
	Ortalama	1,70 B	2,42 A	2,92 A	2,35

Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

4.4.4. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP ve fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarında NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine fosfor dozu ve doz x bakteri uygulamalarının interaksyonu önemsiz çıkarken, bakteri uygulaması (P<0,05) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	15,366	3,846	0,033	2	55,703	10,014	0,000
Doz	4	2,583	0,646	0,634	4	6,383	1,147	0,353
Bakteri * Doz	8	5,280	1,322	0,271	8	0,564	0,101	0,999
Hata	30	3,995			30	5,563		
Toplam	45				45			

Çizelge 4.28. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	17,04	20,88	19,25	19,06
	5	17,01	18,41	20,62	18,68
	10	18,60	18,66	20,19	19,15
	15	19,98	18,29	21,72	20,00
	20	20,24	18,40	20,61	19,75
	Ortalama		18,57 B	18,93 B	20,48 A
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	17,04	20,88	19,25	19,06
	5	14,70	19,21	18,01	17,30
	10	16,61	20,02	18,71	18,45
	15	16,16	20,68	18,69	18,51
	20	18,16	21,04	19,48	19,56
	Ortalama		16,53 B	20,36 A	18,83 A

*Aynı satırdaki büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Çizelge 4.28'de TSP uygulanan sera denemesi topraklarında NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor değerleri incelendiğinde bakteri uygulamalarının ortalamaları dikkate alındığında en düşük değer 18,57 ppm ile bakterisiz uygulamasında görülmüş ve bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan M3 bakterisi uygulaması takip etmiştir. En yüksek değer ise bakterisiz uygulamaya göre %10,25 artışla C26 uygulamasında görülmüştür. Genel olarak bakteri ve dozların etkilerine baktığımızda en düşük değer

17,01 ppm ile bakterisiz 5 kg/da P₂O₅ doz uygulamasında belirlenmiş ve en yüksek değer ise %27,72 lik artışla (21,72 ppm) C26 bakterisi uygulanmış 15 kg/da P₂O₅ TSP dozunda görülmüştür. Bakteri uygulamasına bağlı olarak TSP dozlarının ortalamalarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkileri 18,68 ile 20,00 ppm arasında değişim göstermiştir.

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine ortalama bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 20,36 ppm ile M3 bakteri uygulamasında elde edilmiş ve bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan %7,54 azalışla C26 uygulaması izlemiştir. En düşük fosfor içeriği ise %18,80 azalışla bakterisiz uygulamada belirlenmiştir. Dozların ortalaması ise 17,30 ppm ile 19,56 ppm arasında değişim göstermiştir. Genel olarak dozların ve bakteri uygulamalarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek değer 21,064 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ doz M3 uygulamasında görülmüş ve bu değer 14,70 ppm ile en düşük değer olan bakterisiz 5 kg/da P₂O₅ uygulamasına göre %43 daha fazla çıkmıştır (Çizelge 4.28).

4.4.5. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi

Varyans analiz tablosuna göre mısır bitkisi yetiştirilen ve TSP gübresi uygulanan sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine doz ve doz x bakteri interaksyonunun etkisi önemsiz çıkarken bakteri uygulaması (P<0,01) önemli bulunmuştur. Fosfat kayası uygulamasında ise doz uygulaması (P<0,05) ile bakteri ve doz x bakteri uygulamasının interaksyonu (P<0,01) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.29).

TSP uygulanan sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde en düşük organik fosfor değeri bakterisiz uygulamasından elde edilmiş ve bunu sırasıyla %22,64 ve %51,90 artışla M3 ve C26 bakterileri takip etmiştir. Fosfor dozlarının ortalamaları

incelendiğinde organik fosfor içeriği 21,74 ppm ile 26,14 ppm arasında değişim göstermiş ve istatistiki açıdan önemsiz çıkmıştır. Genel olarak bakteri ve TSP dozlarının sera topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 33,90 ppm ile 10 kg/da P₂O₅ doz C26 bakterisinde görülmüştür. Bu değer 17,05 ppm ile en düşük değer olan bakterisiz 0 kg/da P₂O₅ uygulamasından %98,82 daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.29. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	380,563	26,891	0,000	2	91,177	12,717	0,000
Doz	4	28,613	2,022	0,117	4	27,369	3,817	0,013
Bakteri * Doz	8	22,369	1,581	0,172	8	29,939	4,176	0,002
Hata	30	14,152			30	7,170		
Toplam	45				45			

Çizelge 4.30'da fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri ve dozların etkisi gösterilmiştir. Fosfor dozlarının ortalaması dikkate alındığında en düşük organik fosfor değeri bakterisiz uygulamada görülürken, M3 ve C26 bakteri uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük organik fosfor değeri bakterisiz uygulamada 21,59 ppm olurken, bu uygulamaya göre M3 bakterisindeki artış %16,19 ve C26 bakteri uygulamasındaki artış ise %22,35 olarak belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalaması dikkate alındığında ise en düşük organik fosfor değeri 21,74 ppm ile kontrol uygulamasında görülmüş ve dozlardaki artışa bağlı olarak organik fosfor değerlerinin de arttığı görülmüştür. Kontrole göre dozlardaki artış sırasıyla %11,88, %12,21, %13,15 ve %22,18 olarak belirlenmiştir. Genel olarak bakteri ve fosfor dozlarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde ise en düşük organik fosfor değeri 17,05 ppm ile bakterisiz kontrol uygulamasında, en yüksek değer ise 30,96 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ dozunda M3 uygulamasında tespit edilmiştir. Meydana gelen bu artış %81,57 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.30. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH’te çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	17,05	18,90	29,28	21,74
	5	19,37	23,08	30,55	24,33
	10	20,35	24,17	33,90	26,14
	15	20,45	26,56	29,51	25,51
	20	19,56	25,99	23,78	23,11
	Ortalama		19,36 C	23,74 B	29,40 A

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	17,05 e	18,90 de	29,28 ab	21,74 B
	5	21,87 cde	25,37 bc	25,73 bc	24,33 AB
	10	21,60 cde	25,31 bc	26,28 abc	24,40 AB
	15	22,96 cd	24,89 bc	25,96 bc	24,60 A
	20	24,48 bc	30,96 a	24,51 bc	26,65 A
	Ortalama		21,59 B	25,09 A	26,35 A

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

4.4.6. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının H₂SO₄’te çözünebilir fosfor içeriği üzerine etkisi

H₂SO₄’te çözünebilir fosfor içeriklerine üzerine bakteri ve doz uygulamalarının etkisini araştırmak amacıyla sera denemesinde kurulan topraklara TSP ve fosfat kayası uygulanmış varyans analiz tablosu Çizelge 4.31’de verilmiştir. Varyans analiz tablosuna göre TSP uygulanan topraklarda bakteri, doz ve bakteri x doz uygulamalarının interaraksiyonu önemsiz çıkmıştır. Fosfat kayası uygulanan topraklarda ise bakteri ve doz uygulamaları (P<0,01) önemli çıkarken, bakteri x doz uygulamalarının interaksiyonu önemsiz bulunmuştur.

TSP uygulanan sera denemesi topraklarındaki H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri 256,55 ppm ile 323,83 ppm arasında değişim göstermiştir. Bakteri uygulamalarına bağlı toprakların bakterisiz uygulamalara göre H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri azalmış, doz uygulamalarına bağlı olarak ise artmıştır (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.31. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	2671,316	1,552	0,228	2	8954,559	16,719	0,000
Doz	4	1691,100	0,982	0,432	4	12861,008	24,013	0,000
Bakteri * Doz	8	432,629	0,251	0,977	8	292,998	0,547	0,812
Hata	30	1721,637			30	535,593		
Toplam	45				45			

Çizelge 4.32. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P_2O_5 (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10^8 Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	307,49	256,90	262,55	275,65
	5	306,55	295,07	274,71	292,11
	10	304,97	301,83	290,74	299,18
	15	312,41	323,83	294,43	310,22
	20	316,27	311,45	292,13	306,61
	Ortalama	309,54	297,82	282,91	296,76

Gübre	P_2O_5 (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10^8 Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	307,49	256,90	262,55	275,65
	5	322,58	284,85	303,14	303,52
	10	360,77	290,74	313,52	321,68
	15	371,74	320,31	355,78	349,28
	20	387,96	354,49	373,91	372,12
	Ortalama	350,11 A	301,46 C	321,78 B	324,45

Aynı satırdaki büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir ($P < 0,05$)

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri (ppm) üzerine ortalama bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde bakteri uygulamasına bağlı olarak H_2SO_4 'te çözünebilir fosforun azaldığı tespit edilmiştir. En düşük fosfor değeri M3 bakterisi uygulamasında (301,46 ppm) gözlemlenmiştir ve bakterisiz uygulamaya göre %13,89 azalış göstermiştir. C 26 bakterisi uygulamasında ise fosfor değeri kontrole göre %6,31 azalma tespit edilmiştir. Fosfat kayası dozlarının artışına paralel olarak H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor miktarları da artmıştır. En düşük fosfor değeri 275,65 ppm ile kontrol parselinde görülürken 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 içeren fosfat kayası dozlarının uygulanmasıyla H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor miktarları %10,11, %16,70, %26,71 ve %35,00 oranında artış gözlemlenmiştir. Genel itibari ile bakteri ve dozların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor miktarları üzerine etkisine bakılacak olursa en düşük fosfor değeri 256,90 ppm ile hiç fosfor dozu verilmeyen M3 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor değeri (387,96 ppm) ise hiç bakteri uygulanmayan 20 kg/da P_2O_5 dozunda belirlenmiştir (Çizelge 4.32).

Bitkilere orta düzeyde yarayışlı formda bulunan (H_2SO_4) fraksiyonunun uygulanan PGPR'lara bağlı olarak önemli düzeylerde azaldığı, topraktaki elverişlilik düzeyinin düşük olduğu durumlarda fosfor elverişliliği P-Ca desorpsiyonuna bağlı olarak artıp azalabileceği sonuçları elde edilmiştir (Schmidt *et al.* 1996; Turan vd 2007b; Özgül vd 2007).

4.4.7. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının residual fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP ve fosfat kayası uygulamaları ile bakteri uygulamalarının sera denemesi topraklarının residüal fosfor içerikleri üzerindeki etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'de gösterilmiştir. Hem TSP hem de fosfat kayası uygulanan toprakların residüal fosfor içerikleri üzerine bakteri etkisi önemli ($P<0,01$) bulunurken, doz ve bakteri x doz interaksyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	210,377	7,237	0,003	2	209,676	8,572	0,001
Doz	4	38,241	1,316	0,287	4	26,158	1,069	0,389
Bakteri * Doz	8	28,076	0,966	0,480	8	9,686	0,396	0,914
Hata	30	29,069			30	24,462		
Toplam	45				45			

Sera denemesinde farklı TSP dozlarında toprakların residüel fosfor içerikleri ortalama 51,95 ile 57,15 ppm arasında değişim göstermiş ve bu değişim istatistiksel olarak önemli çıkmamıştır. Fakat bakteri uygulamasıyla birlikte toprakların residüel fosfor içerikleri düşüş göstermiştir. En düşük residüel fosfor içeriği 50,36 ppm ile C26 bakterisi uygulanmış topraklardan elde edilirken, M3 bakterisi uygulamasında residüel fosfor miktarı 53,61 ppm bulunmuş ve C26 bakterisi ise istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Genel olarak bakteri ve dozların residüel fosfor içerikleri üzerine etkilerine bakıldığında en düşük fosfor değeri 44,88 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ doz C26 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor değeri ise 59,79 ppm ile bakteri uygulanmayan 15 kg/da P₂O₅ doz uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4.34. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	55,17	49,16	51,51	51,95
	5	57,91	59,16	54,40	57,15
	10	57,06	51,12	52,17	53,45
	15	59,79	55,17	48,87	54,61
	20	59,25	53,45	44,88	52,52
	Ortalama	57,83 A	53,61 B	50,36 B	53,94

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	55,17	49,16	51,51	51,95
	5	58,81	55,32	52,37	55,50
	10	62,65	52,30	51,38	55,44
	15	59,79	54,34	54,92	56,35
	20	58,74	51,38	52,89	54,34
	Ortalama	59,03 A	52,50 B	52,61 B	54,71

*Aynı satırdaki büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Fosfat kayası uygulanan topraklarda da TSP uygulamalarına benzer sonuçlar elde edilmiş olup artan fosfat kayası dozlarına bağlı olarak residual fosfor değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir etki çıkmamış ve fosfor değerleri 51,95 ile 56,35 ppm arasında değişim göstermiştir. Residual fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 59,03 ppm ile bakterisiz uygulamalarda çıkarken, 52,50 ppm ile M3 ve 52,61 ppm ile C 26 bakteri uygulamalarında bakterisiz uygulamaya göre %11,17 ve 10,87 düşüş tespit edilmiştir. Genel olarak bakteri ve doz uygulamalarının etkileri incelendiğinde en düşük fosfor değeri 49,16 ppm ile fosfat kayası uygulanmayan M3 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor değeri ise 62,65 ppm ile bakteri uygulanmayan 10 kg/da P₂O₅ doz uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Yapılan benzer çalışmada, bitki kökleri ve PGPR'lar tarafından üretilen asit veya alkalın fosfatazın residual fosfor miktarında azalma meydana getirdiği ve fosfor elverişliliğini

artırdığı ifade edilmiştir (Tarafdar *et al.* 1988). Fosfor çözücü bakterilerin bitkilere inoküle edilmesi çözünürlüğü düşük fosforlu gübrelemenin yapıldığı topraklarda fosforun yararışlılığının artırılması bakımından faydalı bir uygulama olarak belirlenmiştir (Reyes *et al.* 2002). Yapılan diğer bir çalışmada organik anyonların toprak yüzeyinde meydana gelen fosfor adsorbsiyonunu azaltarak residüel fosfor miktarının az yararışlı ve/veya yararışlı fosfor formlarına dönüşmesini sağlamaktadır (Jones 1998). Böylece PGPR uygulaması ile residüel fosfor miktarında azalmalar görülmüştür.

4.4.8. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının sera denemesi topraklarının toplam fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içeriklerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.35’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre TSP uygulamalarında toprakların toplam fosfor içeriklerine bakteri uygulaması, fosfor dozu uygulaması ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunurken, fosfat kayasında bakteri ve dozun etkisi önemli ($p>0,01$), bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.35. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Bakteri	2	1957,489	0,946	0,400	2	8736,107	15,034	0,000
Doz	4	3740,673	1,808	0,153	4	15663,810	26,956	0,000
Bakteri * Doz	8	594,448	0,287	0,965	8	314,560	0,541	0,816
Hata	30	2069,525			30	581,090		
Toplam	45				45			

TSP fosfor dozu uygulamalarına ait ortalama değerler incelendiğinde dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ dozlarında sırasıyla toprakların toplam fosfor içeriği 388,56, 416,11,

425,48, 441,01, 433,87 ppm olarak belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde ise toprakların toplam fosfor içerikleri bakteri uygulanmayan topraklarda 431,52 ppm, M3 bakterisi uygulanan topraklarda 422,65 ppm ve C26 bakterisi uygulanan topraklarda 408,85ppm olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.36. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	417,62	366,68	381,37	388,56
	5	424,66	421,92	401,75	416,11
	10	427,37	426,24	422,83	425,48
	15	440,29	457,06	425,68	441,01
	20	447,65	441,37	412,61	433,87
	Ortalama	431,52	422,65	408,85	421,01

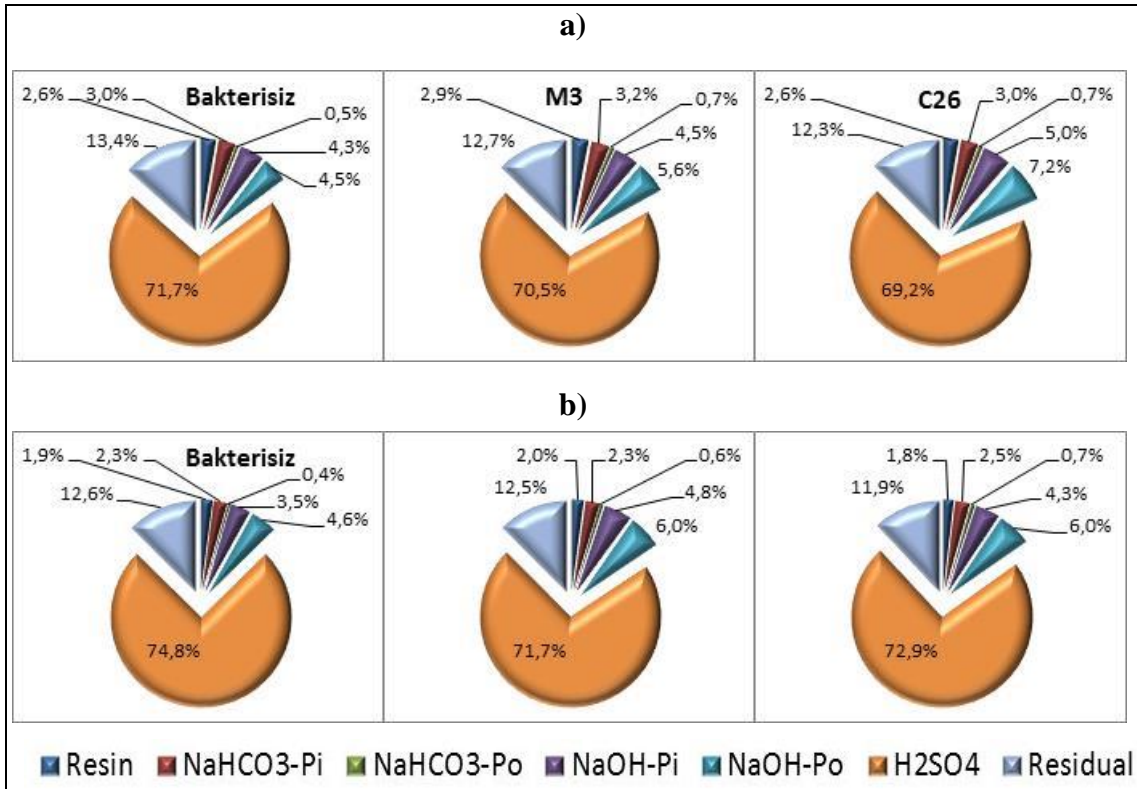
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	417,62	366,68	381,37	388,56 D
	5	437,15	405,81	419,40	420,79 C
	10	481,97	409,17	432,09	441,08 C
	15	492,35	440,01	478,41	470,26 B
	20	512,75	479,53	494,27	495,52 A
	Ortalama	468,37 A	420,24 C	441,11 B	443,24

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının toplam fosfor içerikleri üzerine ortalama bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 468,37 ppm ile bakterisiz uygulamasında elde edilmiş ve %5,82 azalışla C26 uygulaması izlemiştir. En düşük fosfor içeriği ise %10,28 azalışla M3 bakterisi uygulamasında belirlenmiştir. Dozların ortalaması dikkate alındığında artan fosfor dozlarına bağlı olarak toplam fosfor değerleri de artış göstermiştir. En düşük fosfor değeri Kontrol uygulamalarında görülürken uygulanan fosfor dozlarına bağlı olarak artış sırasıyla 5 kg/da P₂O₅ dozunda %8,29, 10 kg/da P₂O₅ dozunda %13,52, 15 kg/da P₂O₅ dozunda %21,03 ve 20 kg/da P₂O₅ dozunda %23,53 olarak belirlenmiştir. Genel olarak dozların ve bakteri uygulamalarının toplam fosfor içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek değer Bakterisiz 20 kg/da P₂O₅ doz uygulamasında görülmüş ve bu değer 366,68 ppm ile en

düşük değer olan 0 kg/da P₂O₅ doz M3 bakteri uygulamasına göre %39,83 daha fazla çıkmıştır (Çizelge 4.36).

TSP ve fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarındaki fosfor fraksiyonlarının yüzde dilimleri Şekil 4.5’de verilmiştir. TSP uygulanan sera topraklarında bakteri uygulamalarına bağlı olarak H₂SO₄’te çözünen ve residüel fosfor içerikleri oransal olarak düşüş gösterirken Resin-P, NaHCO₃-Pi, NaHCO₃-Po, NaOH-Pi ve NaOH-Po değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir. H₂SO₄’te çözünen fosfor miktarları bakterisiz uygulamada %71,7 iken, M3 ve C26 bakteri uygulamasıyla bu değerler %70,5 ve %69,2 ‘ye düştüğü gözlemlenmiştir. Aynı şekilde residüel fosfor içerikleride %13,4 ‘ten M3 bakterisi uygulamasıyla %12,7’ye ve C26 bakterisi uygulamasıyla %12,3’e kadar düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.5a).



Şekil 4.5. TSP (a) ve fosfat kayası (b) uygulanan sera denemesinde bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamaları sonucu topraktaki sıralı fosfor miktarlarının oransal dağılımı (%)

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarında fosfor fraksiyonlarının oransal olarak dağılımına baktığımızda TSP uygulanan denemedeki gibi H_2SO_4 'te çözünen ve residüel fosfor içerikleri düşüş gösterirken Resin-P, $NaHCO_3$ -Pi, $NaHCO_3$ -Po, NaOH-Pi ve NaOH-Po değerlerinin ise arttığı gözlemlenmiştir. Bakterisiz uygulamada H_2SO_4 'te çözünen fosfor miktarları toplam fosforun %74,8'ini oluştururken, bu değer M3 ve C26 bakteri uygulamasıyla sırasıyla %71,7 ve 72,9'a düştüğü belirlenmiştir Şekil 4.5b).

4.4.9. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının resin fosfor içeriği üzerine etkisi

Tarlada TSP uygulanan parsellerde toprakların resin fosfor içerikleri üzerine bakteri, doz ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemli çıkmıştır ($P<0,01$). Fosfat kayası uygulanan parsellerde ise dozun etkisi önemli ($P<0,01$) bulunurken, bakteri ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	4,785	0,834	0,445	2	4,356	0,942	0,402
Bakteri	2	43,685	7,615	0,002	2	1,865	0,403	0,672
Doz	4	2056,752	358,530	0,000	4	22,199	4,800	0,004
Bakteri * Doz	8	58,887	10,265	0,000	8	6,541	1,414	0,234
Hata	28	5,737			28	4,625		
Toplam	45				45			

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının resin fosfor içerikleri üzerine ortalama fosfor dozları incelendiğinde en yüksek resin fosfor değeri 53,88 ppm ile 20 kg/da P_2O_5 uygulamasından elde edilmiştir. En küçük resin fosfor içeriği ise 15,31 ppm ile TSP uygulanmayan kontrol dozunda belirlenmiştir. 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 uygulamalarında kontrole göre artış sırasıyla %60,53, %139,00, %178,98 ve %251,87

olarak gözlemlenmiştir. Ortalama bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek resin fosfor değeri 36,04 ppm ile bakterisiz uygulamada görülürken, bunu %2,66 azalışla C26 bakterisi uygulamasında ve %13,37 azalışla M3 bakterisi uygulaması takip etmiştir. Bakteri ve doz uygulamaları genel olarak incelendiğinde ise en düşük resin fosfor içeriği 13,19 ppm ile 0 P₂O₅ doz M3 bakterisi uygulamasında elde edilirken en yüksek resin fosfor içeriği 56,66 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ dozunda M3 bakterisinden elde edilmiş ve %329,70 artış oranı gözlenmiştir (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının toprakların resin fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	17,72 g	13,19 h	15,04 gh	15,31 E
	5	23,30 f	27,68 e	22,78 f	24,58 D
	10	42,75 c	29,14 e	37,90 d	36,60 C
	15	45,57 c	36,98 d	45,62 c	42,72 B
	20	50,90 b	56,66 a	54,09 ab	53,88 A
	Ortalama	36,04 A	32,73 B	35,09 A	34,62

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	17,72	13,19	15,04	15,31 C
	5	17,68	15,53	16,90	16,70 BC
	10	17,62	18,92	17,07	17,87 AB
	15	18,71	18,62	18,50	18,61 AB
	20	17,67	19,63	20,47	19,26 A
	Ortalama	17,88	17,18	17,59	17,55

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Fosfat kayası dozlarının ortalamalarının tarla denemesi topraklarında resin fosfor içerikleri üzerine etkileri 15,31 ile 19,26 ppm arasında değişim göstermiş ve dozlara bağlı olarak gerçekleşen artış istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Kontrole göre 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ doz uygulamalarındaki artış sırasıyla %9,07, %16,70, %21,54 ve %25,75 olarak gözlemlenmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalamalarında ise en düşük değer M3 bakterisi uygulamasında (17,18 ppm) görülürken, bunu sırasıyla %2,42 artışla

C26 bakterisi uygulaması (17,59 ppm) ve %4,08 artışla bakterisiz uygulama takip etmiştir. Genel olarak fosfat kayası uygulamalarının resin fosfor içerikleri üzerine bakteri ve dozun etkisi incelendiğinde, en düşük resin fosfor içeriği 13,19 ppm ile 0 kg/da P₂O₅ doz M3 bakterisi uygulamasında elde edilmiştir. En yüksek değer ise %55,23 artışla 20 kg/da P₂O₅ doz C26 bakterisi uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.38).

4.4.10. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi

Varyans analiz tablosuna göre TSP uygulanan tarla denemesi topraklarında NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor üzerine bakteri uygulamaları önemsiz çıkarken, doz (P<0,01) ve bakteri x doz (P<0,01) interaksiyonun etkisi önemli çıkmıştır. Fosfat kayası uygulanan topraklarda da bakteri, doz ve bakteri x doz interaksiyonu (P<0,01) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	5,813	1,427	0,257	2	1,784	0,890	0,422
Bakteri	2	10,546	2,588	0,093	2	50,751	25,320	0,000
Doz	4	496,129	121,777	0,000	4	27,931	13,935	0,000
Bakteri * Doz	8	15,028	3,689	0,005	8	6,942	3,463	0,007
Hata	28	4,074			28	2,004		
Toplam	45				45			

Çizelge 4.40'da TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine ortalama dozların etkisi dikkate alındığında, doz uygulamalarına bağlı olarak fosfor değerlerinin de arttığı saptanmıştır. En düşük fosfor değeri 15,07 ppm ile kontrol uygulamasında görülürken, 5 kg/da P₂O₅ dozunda 21,47

ppm, 10 kg/da P₂O₅ dozunda 28,35 ppm, 15 kg/da P₂O₅ dozunda 29,87 ppm ve 20 kg/da P₂O₅ dozunda ise 33,77 ppm olarak belirlenmiştir. Bakterilerin ortalama etkileri ise 25,09 ile 26,66 ppm arasında değişmiştir. Genel olarak bakteri ve doz uygulamalarının NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine etkisine baktığımızda en düşük fosfor değeri 14,14 ppm ile fosfat kayası uygulanmayan C26 uygulamasında, en yüksek değer ise 33,67 ppm ile aynı bakteri uygulamasının 20 kg/da P₂O₅ uygulamasında görülmüştür. En düşük değer ile en yüksek değer arasındaki artış %138,34 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.40. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	15,64 de	15,42 de	14,14 e	15,07 D
	5	19,04 d	26,79 c	18,56 d	21,47 C
	10	27,73 bc	28,15 bc	29,16 bc	28,35 B
	15	30,82 ab	28,87 bc	29,93 bc	29,87 B
	20	33,57 a	34,07 a	33,67 a	33,77 A
	Ortalama		25,36	26,66	25,09

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	15,64 de	15,42 de	14,14 e	15,07 D
	5	18,69 bc	15,33 de	17,33 cd	17,12 C
	10	20,69 ab	15,60 de	16,86 cde	17,72 BC
	15	21,91 a	16,62 cde	17,76 cd	18,76 AB
	20	20,91 ab	16,49 cde	21,72 a	19,71 A
	Ortalama		19,57 A	15,89 C	17,56 B

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının NaHCO₃'ta çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine bakteri ve dozların etkisi Çizelge 4.40'ta gösterilmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek fosfor değeri bakterisiz uygulamada 19,57 ppm olurken, bu uygulamaya göre C26 bakterisindeki düşüş %10,24 ve M3 bakteri uygulamasındaki düşüş ise %18,78 olarak belirlenmiştir. Dozların

ortalama etkisi dikkate alındığında en düşük fosfor değeri 15,07 ppm ile kontrol uygulamasında görülmüş ve dozlardaki artışa bağlı olarak NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor değerlerinin de arttığı görülmüştür. Kontrole göre dozlardaki artış sırasıyla %13,59, %17,58, %24,51 ve %30,78 olarak belirlenmiştir. Genel olarak bakteri ve dozların NaHCO_3 'ta çözünebilir inorganik fosfor üzerine etkileri incelendiğinde ise en düşük fosfor değeri 14,14 ppm ile fosfat kayası uygulanmayan C26 uygulamasında, en yüksek değer ise 21,91 ppm ile bakteri uygulanmayan 15 kg/da P_2O_5 dozunda belirlenmiştir.

4.4.11. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri ve dozun etkisi %1'e göre önemli bulunurken, bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz çıkmıştır. Fosfat kayası uygulanan topraklar üzerinde bakteri ve doz uygulamalarının etkisi ($P < 0,01$) ile bakteri x doz uygulamalarının etkisi ($P < 0,05$) önemli bulunmuştur (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	0,032	0,135	0,874	2	0,235	1,506	0,239
Bakteri	2	11,383	48,056	0,000	2	9,732	62,303	0,000
Doz	4	3,963	16,730	0,000	4	2,366	15,147	0,000
Bakteri * Doz	8	0,487	2,055	0,076	8	0,407	2,604	0,029
Hata	28	0,237			28	0,156		
Toplam	45				45			

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının etkisi dikkate alındığında en yüksek organik

fosfor değeri 3,29 ppm ile C26 bakteri uygulanmasında görülmüştür. Bakterisiz(1,67 ppm) ve M3(1,93 ppm) uygulamaları ise istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Doz artışına bağlı olarak toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. En düşük organik fosfor değeri 1,34 ppm ile Kontrol uygulamasında belirlenmiştir. 5, 10, 15 ve 20 kg/da P_2O_5 dozlarında kontrole göre artış sırasıyla %41,38, %92,94, %109,53 ve %115,54 olarak tespit edilmiştir. Genel, bakteri ve dozların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine bakıldığında en düşük organik fosfor değeri 0,77 ppm ile bakteri uygulanmayan kontrol parselinde elde edilirken, en yüksek fosfor değeri ise 10 kg/da P_2O_5 doz C26 bakteri uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P_2O_5 (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10^8 Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	0,77	1,06	2,18	1,34 B
	5	0,91	1,64	3,12	1,89 B
	10	1,63	1,89	4,21	2,58 A
	15	2,42	2,57	3,41	2,80 A
	20	2,60	2,51	3,54	2,88 A
	Ortalama	1,67 B	1,93 B	3,29 A	2,30

Gübre	P_2O_5 (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10^8 Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	0,77 d	1,06 d	2,18 c	1,34 C
	5	1,10 d	1,28 d	2,19 c	1,52 C
	10	1,06 d	1,42 d	2,63 bc	1,70 BC
	15	1,11 d	2,28 c	2,79 bc	2,06 B
	20	1,26 d	3,07 ab	3,57 a	2,63 A
	Ortalama	1,06 C	1,82 B	2,67 A	1,85

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Çizelge 4.42'de fosfat kayası uygulanan tarla denemesi topraklarının NaHCO_3 'ta çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine ortalama bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde en düşük organik fosfor değeri bakterisiz uygulamasında görülmüştür.

Bu uygulamaya M3 bakteri uygulamasındaki artış %71,93 olurken, C26 bakteri uygulamasındaki artış ise %151,86 oranında tespit edilmiştir. Fosfat kayası doz uygulamalarına bağlı olarak toprakların NaHCO₃'ta çözünebilir organik fosfor değerlerinin de arttığı belirlenmiştir. Doz ortalamalarına göre en düşük organik fosfor değeri kontrol uygulamasında 1,34 ppm olurken, bu uygulama ile 5 ve 10 kg/da P₂O₅ doz uygulaması istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En yüksek organik fosfor değeri 2,63 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ doz uygulamasında görülmüştür. Bakteri ve doz uygulamalarına genel olarak bakılacak olursa en düşük organik fosfor değeri 0,77 ppm ile bakteri uygulanmayan kontrol parselinde, en yüksek organik fosfor değeri ise 3,57 ppm ile 10 kg/da P₂O₅ doz C26 bakteri uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.62).

4.4.12. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarında NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine fosfor dozu, bakteri ve doz x bakteri uygulamaların interaksyonlarının etkisi (P<0,01) önemli çıkmıştır. Fosfat kayası uygulaması sonucunda ise bakteri ve dozun etkisi (P<0,01) önemli bulunurken, doz x bakteri uygulamaların interaksyonlarının etkisi önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	0,322	0,068	0,935	2	0,202	0,085	0,918
Bakteri	2	104,767	22,052	0,000	2	13,135	5,550	0,009
Doz	4	149,785	31,528	0,000	4	17,248	7,288	0,000
Bakteri * Doz	8	16,592	3,492	0,006	8	3,713	1,569	0,179
Hata	28	4,751			28	2,367		
Toplam	45				45			

NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine fosfor dozlarının ve bakteri uygulamalarının etkilerini araştırmak amacıyla TSP uygulanan sera denemesi topraklarında fosfor dozlarının ortalaması dikkate alındığında en yüksek fosfor değeri 28,52 ppm ile 20 kg/da P₂O₅ uygulamasında görülmüştür. Verilen TSP dozu azaldıkça NaOH'te çözünebilir fosfor değeri de azalma göstermiş ve en düşük fosfor değeri ise 18,95 ppm ile kontrol uygulamasında görülmüştür. Bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde ise en yüksek fosfor değeri C26 bakteri uygulamasında görülmüş ve bunu %3,63 azalışla takip eden bakterisiz uygulamayla istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük inorganik fosfor değeri ise 20,73 ppm ile M3 bakterisi uygulamasında görülmüştür. Genel olarak bakteri ve doz uygulamalarının tarla denemesi toprakların NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor değeri üzerine etkileri incelendiğinde en düşük inorganik fosfor değeri bakteri ve TSP uygulanamayan kontrol parselinde (17,85 ppm) görülmüştür. En yüksek fosfor değeri ise bakterisiz 20 kg/da P₂O₅ uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	17,85 g	18,43 fg	20,58 defg	18,95 C
	5	18,18 fg	19,35 efg	22,87 de	20,13 C
	10	27,12 bc	19,43 efg	27,58 bc	24,71 B
	15	29,04 ab	22,19 def	27,88 abc	26,37 B
	20	31,67 a	24,27 cd	29,61 ab	28,52 A
	Ortalama	24,77 A	20,73 B	25,71 A	23,74
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	17,85	18,43	20,58	18,95 C
	5	18,16	21,31	22,93	20,80 B
	10	21,91	21,51	22,04	21,82 AB
	15	21,66	21,13	21,71	21,50 AB
	20	22,56	21,55	23,73	22,62 A
	Ortalama	20,43 B	20,79 B	22,20 A	21,14

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksiyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor içerikleri üzerine ortalama bakteri uygulamaları incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 22,20 ppm ile C26 bakteri uygulamasında elde edilmiş ve en düşük uygulamaya göre %8,67 artış göstermiştir. En düşük fosfor değeri ise 20,43 ppm ile bakterisiz uygulamada elde edilmiş ve bu uygulama ile M3 bakteri uygulaması(20,79 ppm) istatistiksel olarak aynı sınıfta yer almıştır. Dozların ortalaması dikkate alındığında en düşük NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor değeri kontrol uygulamasında elde edilmiştir. 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ uygulamaları ise kontrole göre sırasıyla %9,72, %15,12, %13,43 ve %19,32 artışa neden olmuştur. Bakteri ve doz uygulamalarının genel olarak NaOH'te çözünebilir inorganik fosfor değeri üzerine etkisine bakılacak olunursa en düşük değer bakterisiz kontrol parselinde (17,85 ppm), en yüksek değer ise bakterisiz 20 kg/da P₂O₅ doz C26 uygulamasında görülmüştür. En yüksek değer en düşük değer göre %32,98 artış göstermiştir (Çizelge 4.44).

4.4.13. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içeriği üzerine etkisi

Varyans analiz tablosuna göre mısır bitkisi yetiştirilen ve TSP gübresi uygulanan tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri ve doz uygulamasının etkisi (P<0,01) ile bakteri x doz uygulamasının interaksyonu (P<0,05) önemli çıkmıştır. Fosfat kayası uygulamasında ise bakteri uygulaması (P<0,01) önemli, doz ve doz x bakteri uygulamasının interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.45).

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının ortalamaları incelendiğinde en düşük organik fosfor değeri 28,70 ppm ile bakterisiz uygulamasından elde edilmiş ve bunu sırasıyla %39,49 ve %52,83 artışla C26 ve M3 bakterileri takip etmiştir. Fosfor dozlarının ortalamaları incelendiğinde en düşük organik fosfor içeriği 35,47 ppm ile kontrol uygulamasında elde edilmiştir. 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ uygulamalarında organik

fosfor değerleri sırasıyla 40,15, 40,02, 36,32 ve 35,69 ppm olarak gerçekleşmiş ve kontrole göre artış sırasıyla %13,19, %12,82, %2,41 ve %0,61 olarak belirlenmiştir. Genel olarak bakteri ve fosfor dozlarının tarla topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 47,31 ppm ile 10 kg/da P₂O₅ doz C26 bakterisinde görölmüştür. Bu değerin 27,43 ppm ile en düşük değer olan bakterisiz 15 kg/da P₂O₅ uygulamasından %72,47 daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.45. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	11,333	0,926	0,408	2	9,708	0,563	0,576
Bakteri	2	932,371	76,208	0,000	2	350,166	20,299	0,000
Doz	4	49,836	4,073	0,010	4	5,655	0,328	0,857
Bakteri * Doz	8	37,700	3,081	0,013	8	38,045	2,205	0,058
Hata	28	12,235			28	17,251		
Toplam	45				45			

Çizelge 4.46'da fosfat kayası uygulanan tarla denemesi topraklarının NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine bakteri ve dozların etkisi gösterilmiştir. Bakteri uygulamalarının ortalaması dikkate alındığında en düşük organik fosfor değeri 32,12 ppm ile C26 bakteri uygulamada görölürken, bakterisiz uygulama ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük organik fosfor değeri C26 uygulamasında 32,12 ppm olurken, bu uygulamaya göre bakterisizdeki artış %7,01 ve M3 bakteri uygulamasındaki artış ise %28,84 olarak belirlenmiştir. Dozların ortalama etkisi dikkate alındığında organik fosfor değerleri 34,96 ppm ile 37,05 ppm arasında değişim göstermiş ve bu dozlardaki değişim istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Genel olarak bakteri ve dozların NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde ise en düşük organik fosfor değeri 27,95 ppm ile bakterisiz kontrol

uygulamasında, en yüksek değer ise 42,90 ppm ile 5 kg/da P₂O₅ doz M3 uygulamasında tespit edilmiştir. Meydana gelen bu artış düzeyi %51,53 oranında gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.46. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların NaOH'te çözünebilir organik fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	27,95 f	40,39 bcd	38,07 cde	35,47 B
	5	31,34 f	44,49 abc	44,61 abc	40,15 A
	10	28,62 f	44,13 abc	47,31 a	40,02 A
	15	27,43 f	43,98 abc	37,56 de	36,32 B
	20	28,15 f	46,30 ab	32,61 ef	35,69 B
	Ortalama		28,70 C	43,86 A	40,03 B

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	27,95	40,39	38,07	35,47
	5	35,93	42,90	29,67	36,17
	10	37,18	41,40	32,55	37,05
	15	35,03	40,14	29,71	34,96
	20	35,78	42,09	30,61	36,16
	Ortalama		34,37 B	41,39 A	32,12 B

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki, küçük harfler ise interaksyonlar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

4.4.14. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının H₂SO₄'te çözünebilir fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının H₂SO₄'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine dozun etkisi (P<0,05) önemli çıkmış, bakteri uygulaması ve bakteri x doz interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur. Fosfat kayası uygulanan topraklarda ise Bakterinin etkisi (P<0,05) ve dozun etkisi (P<0,01) önemli bulunmuş olup bakteri x doz interaksyonunun etkisi ise önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.67).

TSP uygulanan tarla denemesi topraklarının H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine ortalama doz uygulamalarının etkisi dikkate alındığında en düşük fosfor değeri 235,09 ppm ile kontrol uygulamasında görülmüş ve doz artışına bağlı olarak H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor değerleri %3,43, %6,26, %8,39 ve %10,11 artış göstermiştir. Bakteri uygulamasına göre fosfor değeri çok az azalış göstermiş ve bu azalış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Genel itibari ile bakteri ve dozların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor değerleri üzerine etkisini inceleyecek olursak en düşük fosfor değeri 227,66 ppm ile hiç fosfor uygulanmayan M3 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor değeri ise 20 kg/da P_2O_5 doz C26 uygulamasında görülmüştür (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.47. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	147,660	0,567	0,574	2	90,207	0,248	0,782
Bakteri	2	42,901	0,165	0,849	2	1700,829	4,670	0,018
Doz	4	804,332	3,086	0,032	4	27938,351	76,713	0,000
Bakteri * Doz	8	49,813	0,191	0,990	8	233,164	0,640	0,737
Hata	28	260,610			28	364,195		
Toplam	45				45			

Fosfat kayası uygulanan tarla denemesi topraklarının H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının etkisi dikkate alınacak olunursa en yüksek fosfor değeri 325,26 ppm ile bakterisiz uygulamada görülmüştür. M3 bakterisi uygulamasıyla bu değer %6,34, C26 bakterisi uygulamasıyla ise %4,59 azalmıştır. Doz uygulamalarının etkisi dikkate alındığı zaman artan fosfor dozlarıyla doğru orantılı olarak H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri artış göstermiştir. En düşük fosfor değeri 235,09 ppm ile kontrol uygulamasında gerçekleşmiş ve sırasıyla 278,55, 326,14, 359,31 ve 366,97 ppm ile artan gübre dozları takip etmiştir. Fosfat kayası uygulanan tarla parsellerinde genel olarak bakteri ve doz uygulamalarının toprakların H_2SO_4 'te çözünebilir fosfor içerikleri üzerine etkilerine bakıldığında en düşük fosfor değeri 227,66 ppm ile hiç fosfor uygulanmayan M3 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor

değeri ise (379,09 ppm) %66,52'lik artış ile bakterisiz 20 kg/da P₂O₅ uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.48. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların H₂SO₄'te çözünebilir fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	238,75	227,66	238,87	235,09 B
	5	245,29	243,39	240,76	243,15 AB
	10	254,36	244,93	250,17	249,82 AB
	15	254,57	256,91	252,99	254,83 A
	20	255,81	259,47	261,32	258,87 A
	Ortalama	249,76	246,47	248,82	248,35

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	238,75	227,66	238,87	235,09 D
	5	291,27	283,24	264,14	279,55 C
	10	346,62	312,31	319,48	326,14 B
	15	370,57	347,62	359,72	359,31 A
	20	379,09	352,38	369,43	366,97 A
	Ortalama	325,26 A	304,64 B	310,33 B	313,41

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

4.4.15. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının residual fosfor içeriği üzerine etkisi

Çizelge 4.49'da farklı TSP ve Fosfat kayası dozlarına göre biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içeriğine etkisine ait varyans analizi sonuçlarına göre TSP uygulamasında toprağın residual fosfor içeriği üzerine bakteri uygulamalarının fosfor dozlarının ve bakteri x fosfor dozu etkisinin etkisi önemsiz bulunurken fosfat kayası uygulamalarında bakteri uygulamalarının etkisi önemli (P<0,01), fosfor dozu ve bakteri x fosfor dozu etkisinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.49. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	13,634	0,696	0,507	2	20,782	2,293	0,120
Bakteri	2	54,704	2,794	0,078	2	92,796	10,238	0,000
Doz	4	5,357	0,274	0,893	4	18,738	2,067	0,112
Bakteri * Doz	8	8,716	0,445	0,883	8	19,354	2,135	0,066
Hata	28	19,582			28	9,064		
Toplam	45				45			

TSP uygulamalarında toprağın residual fosfor içeriği dekara 0, 5, 10, 15 ve 20 kg P₂O₅ uygulamalarında sırasıyla ortalama 50,90, 50,71, 49,72, 49,72 ve 51,47 ppm olarak bulunmuştur. Bakteri ortalamalarına göre ise bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamalarında ise 50,35, 52,49 ve 48,68 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.50).

Çizelge 4.50. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının toprakların residual fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	51,10	52,78	48,83	50,90
	5	50,68	54,26	47,19	50,71
	10	50,38	50,56	48,22	49,72
	15	49,95	52,63	46,58	49,72
	20	49,64	52,21	52,57	51,47
	Ortalama	50,35	52,49	48,68	50,51

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	51,10	52,78	48,83	50,90
	5	52,62	52,52	53,88	53,01
	10	58,87	53,19	51,72	54,59
	15	57,14	54,28	51,02	54,14
	20	58,30	54,84	47,81	53,65
	Ortalama	55,61 A	53,52 A	50,65 B	53,26

*Aynı satırdaki büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Artan fosfat kayası dozlarına bağlı olarak residüal fosfor değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir etki saptanmamış ve fosfor değerleri 50,90 ile 54,59 ppm arasında değişim göstermiştir. Residual fosfor içerikleri üzerine bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde en yüksek fosfor değeri 55,61 ppm ile bakterisiz uygulamalarda belirlenirken, 53,52 ppm ile M3 ve 50,65 ppm ile C 26 bakteri uygulamalarında bakterisiz uygulamaya göre %3,75 ve %8,91 düşüş tespit edilmiştir. Genel olarak bakteri ve doz uygulamalarının etkileri incelendiğinde en düşük fosfor değeri 48,83 ppm ile fosfat kayası uygulanmayan C26 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor değeri ise 58,87 ppm ile bakteri uygulanmayan 10 kg/da P₂O₅ doz uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.50).

4.4.16. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının tarla denemesi topraklarının toplam fosfor içeriği üzerine etkisi

TSP ve fosfat kayası dozlarına göre farklı biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içeriklerine etkisine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.51’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre TSP uygulamalarında toprakların toplam fosfor içeriklerine bakteri ve bakteri x doz interaksiyonunun etkisi önemsiz bulunurken, fosfor dozunun etkisi (P<0,01) önemli çıkmıştır. Fosfat kayası uygulamalarında ise bakteri (P<0,05) ve dozun (P<0,01) etkisi önemli, bakteri x doz interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.51. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri üzerine etkisine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	TSP				FK			
	S.D.	K.O.	F	Ö.D.	S.D.	K.O.	F	Ö.D.
Blok	2	170,981	0,394	0,678	2	160,073	0,337	0,717
Bakteri	2	431,027	0,994	0,383	2	2015,545	4,244	0,025
Doz	4	11828,584	27,265	0,000	4	34629,404	72,920	0,000
Bakteri * Doz	8	307,044	0,708	0,682	8	395,596	0,833	0,581
Hata	28	433,843			28	474,895		
Toplam	45				45			

TSP uygulanan tarla denemesinde artan TSP dozlarına bağlı olarak toprağın toplam fosfor içeriği artış göstermiştir. En düşük toplam fosfor değeri 372,14 ppm ile kontrol uygulamasında görülmüş ve 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ doz uygulamalarında kontrole göre toplam fosfor değerleri sırasıyla %8,05, %16,03, %18,94 ve %24,97 artış göstermiştir (Çizelge 4.52).

Çizelge 4.52. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının toprakların toplam fosfor içerikleri (ppm) üzerine etkisi

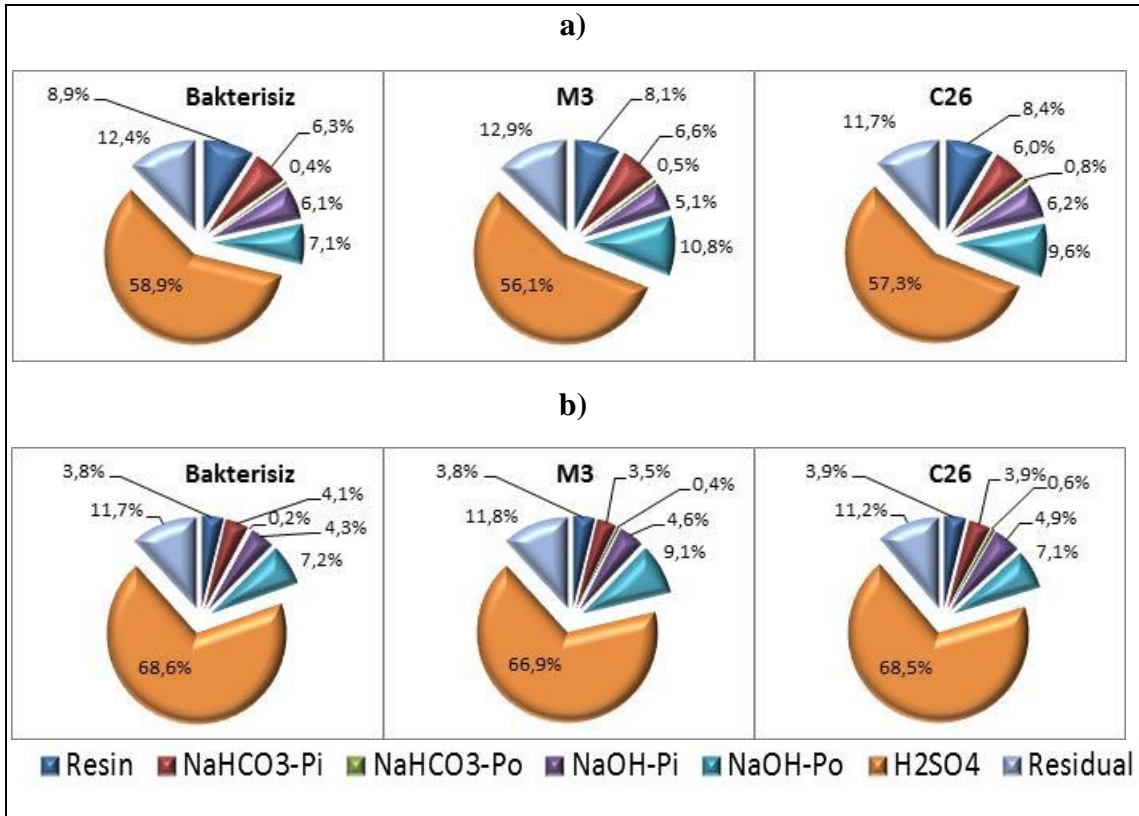
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	0	369,77	368,93	377,71	372,14 D
	5	388,75	417,60	399,89	402,08 C
	10	432,58	418,23	444,56	431,79 B
	15	439,78	444,13	443,98	442,63 B
	20	452,33	475,49	467,40	465,08 A
	Ortalama	416,64	424,88	426,71	422,74
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	0	369,77	368,93	377,71	372,14 D
	5	435,44	432,11	407,03	424,86 C
	10	503,95	464,35	462,35	476,88 B
	15	526,13	500,69	501,21	509,34 A
	20	535,57	510,06	517,35	520,99 A
	Ortalama	474,17 A	455,23 B	453,13 B	460,84

*Aynı satır ve sütunda büyük harfler ortalamalar arasındaki önem düzeylerini göstermektedir (P<0,05)

Çizelge 4.52’de fosfat kayası uygulanan tarla denemesi topraklarının toplam fosfor içerikleri üzerine ortalama bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde M3 ve C26 bakteri uygulamasının bakterisiz uygulamaya göre toplam fosfor içeriğini azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek fosfor değeri 474,17 ppm ile bakterisiz uygulamada görülürken, M3 bakteri uygulaması 455,23 ppm ile %4,00 ve C26 bakteri uygulaması ise 453,13 ppm ile %4,44 düşüğe neden olmuştur. Doz uygulamalarına bağlı olarak toprakların toplam fosfor değerlerinde de artış belirlenmiştir. En düşük fosfor değeri 372,14 ppm ile kontrol uygulamasında gerçekleşmiş ve 5, 10, 15 ve 20 kg/da P₂O₅ doz uygulamalarında

kontrole göre toplam fosfor değerleri sırasıyla %14,17, %28,15, %36,87 ve %40,00 artış göstermiştir. Genel olarak toplam fosfor içeriği üzerine bakteri ve doz uygulamalarının etkisi dikkate alındığında en düşük fosfor değeri 368,93 ppm ile fosfor uygulanmayan M3 bakterisi uygulamasında, en yüksek fosfor değeri ise bakterisiz 20 kg/da P₂O₅ dozunda (535,57 ppm) tespit edilmiştir.

TSP ve fosfat kayası uygulanan tarla denemesi topraklarındaki fosfor fraksiyonlarının yüzde dilimleri Şekil 4.6'da verilmiştir. TSP uygulanan tarla topraklarında bakteri uygulamalarına bağlı olarak H₂SO₄'te çözünen fosfor içerikleri oransal olarak düşüş gösterilmiştir. H₂SO₄'te çözünen fosfor miktarları bakterisiz uygulamada %58,9 iken, M3 ve C26 bakteri uygulamasıyla bu değerler %56,1'e ve %57,3'e düştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 4.6a).



Şekil 4.6. TSP (a) ve fosfat kayası (b) uygulanan tarla denemesinde bakterisiz, M3 ve C26 bakteri uygulamaları sonucu topraktaki sıralı fosfor miktarlarının oransal dağılımı (%).

Fosfat kayası uygulanan tarla topraklarında ise M3 bakterisi uygulamalarına bağlı olarak H_2SO_4 'te çözünen fosfor içerikleri oransal olarak düşüş göstermiştir. H_2SO_4 'te çözünen fosfor miktarları bakterisiz uygulamada %68,6 iken, M3 bakterisi uygulamasıyla bu değer %66,9'a düştüğü gözlemlenmiştir. C26 bakterisi uygulamasıyla H_2SO_4 'te çözünen fosfor içerikleri oransal olarak değişim göstermemiştir (Şekil 4.6b)

Her ne kadar tarla denemesinde fosfat kayası uygulanan topraklardaki fosfor fraksiyonlarının dağılımına baktığımızda C26 bakterisi uygulamasıyla bakterisiz uygulama arasında H_2SO_4 'te çözünen fosfor içerikleri oransal olarak bir fark görülmez ise de Çizelge 4.48 ve 4.52 yi incelediğimizde C26 bakterisinin toprakların H_2SO_4 'te çözünen ve toplam fosfor miktarının istatistiksel olarak düşürdüğünü görmekteyiz. Oransal olarak değişimin olmamasının nedeni C26 bakterisinin çözdüğü fosforu bitki tarafından kaldırılmasıyla açıklanabilir.

TSP ve fosfat kayası uygulanan sera ve tarla denemesinde M3 ve C26 bakterisi uygulamalarıyla topraklarda çok zor çözünür halde bulunan H_2SO_4 ve Residual formdaki fosforların bir kısmının çözünerek daha yararlı halde olan Resin-P, $NaCO_3$ -Pi ve $NaCO_3$ -Po formuna dönüştüğü Şekil 4.5 ve 4.6'da görülmektedir. Fosfor çözücü bakterisi uygulamalarının toprakta elverişsiz halde bulunan fosforu bitkiye elverişli hale getirdiği birçok araştırmacı tarafından da vurgulanmaktadır (Kucey *et al.* 1989; Rodriguez and Fraga 1999; Sundara *et al.* 2002; Turan vd 2006; Ivanova *et al.* 2006, Turan vd 2007a; Bashan *et al.* 2012; Hu *et al.* 2013).

4.4.17. Farklı fosfor dozu ve biyogübre uygulamalarının topraklarının fosfor fraksiyonlarının yararlılık dilimleri üzerine etkisi

Topraktaki fosfor fraksiyonlarında, fosforun yararlılık dilimleri hesaplandığında (Hedley *et al.* 1982a) resin-Pi, $NaHCO_3$ -Pi ve -Po yararlı; $NaOH$ -Pi ve Po ile H_2SO_4 -Pi fraksiyonu az yararlı ve residual-P ise en az yararlı yani yararlısız form olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.53).

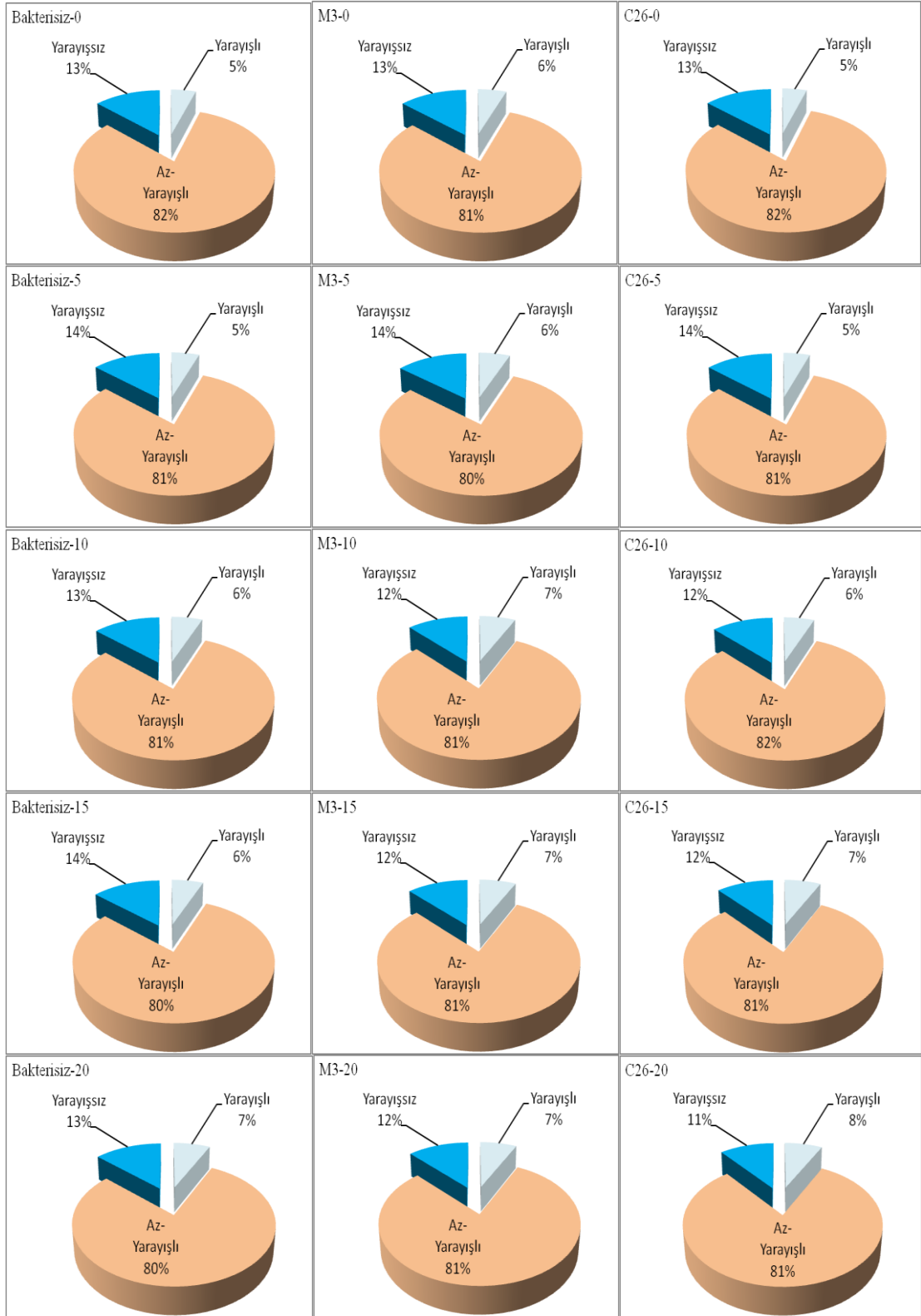
Çizelge 4.53. TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının fosfor fraksiyonlarının yarayışlılık dilimleri (ppm) üzerine etkisi

		TSP				FK		
	Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Yarayışlı- P	Az Yarayışlı P	Yarayışsız P	Yarayışlı P	Az Yarayışlı P	Yarayışsız P
SERA	Bakterisiz	0	20,87	341,58	55,17	20,87	341,58	55,17
		5	23,83	342,93	57,91	19,20	359,14	58,81
		10	26,38	343,93	57,06	20,34	398,98	62,65
		15	27,67	352,83	59,79	21,71	410,86	59,79
		20	32,34	356,06	59,25	23,40	430,60	58,74
	M3	0	20,84	296,68	49,16	20,84	296,68	49,16
		5	26,20	336,56	59,16	21,08	329,42	55,32
		10	30,46	344,66	51,12	20,80	336,07	52,30
		15	33,20	368,69	55,17	19,78	365,88	54,34
		20	32,09	355,83	53,45	21,66	406,49	51,38
	C26	0	18,79	311,08	51,51	18,79	311,08	51,51
		5	21,48	325,87	54,40	20,14	346,88	52,37
		10	25,83	344,83	52,17	22,21	358,51	51,38
		15	31,15	345,66	48,87	23,06	400,43	54,92
		20	31,22	336,51	44,88	23,49	417,89	52,89
TARLA	Bakterisiz	0	34,13	284,55	51,10	34,13	284,55	51,10
		5	43,25	294,82	50,68	37,47	345,35	52,62
		10	72,10	310,09	50,38	39,37	405,71	58,87
		15	78,80	311,04	49,95	41,73	427,26	57,14
		20	87,07	315,62	49,64	39,84	437,43	58,30
	M3	0	29,67	286,48	52,78	29,67	286,48	52,78
		5	56,11	307,23	54,26	32,15	347,45	52,52
		10	59,19	308,49	50,56	35,94	375,23	53,19
		15	68,41	323,08	52,63	37,53	408,88	54,28
		20	93,24	330,04	52,21	39,20	416,03	54,84
	C26	0	31,36	297,52	48,83	31,36	297,52	48,83
		5	44,46	308,24	47,19	36,42	316,73	53,88
		10	71,28	325,06	48,22	36,56	374,07	51,72
		15	78,96	318,43	46,58	39,05	411,14	51,02
		20	91,29	323,54	52,57	45,76	423,78	47,81

Sera denemesi topraklarının fosfor fraksiyonları incelendiğinde, TSP uygulanan denemede bakterisiz koşullarda toprakların yarayırlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 20,87 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) 32,34 ppm'e kadar yükselmiştir. Bakteri uygulamalarına bağlı olarak yarayırlı fosfor değerleri arasında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir (izelge 4.53). Fosfor miktarının yarayırlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol dozunda %5'i yarayırlı, %82'si az yarayırlı, %13' yarayırsız formda olduğu belirlenmiştir. En yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) ise toplam fosforun %7'si yarayırlı, %80'i az yarayırlı, %13' yarayırsız formda olduğu hesaplanmıştır (şekil 4.7).

M3 bakterisi uygulanan ve TSP ile gübrelenen sera denemesinde toprakların yarayırlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 20,84 ppm ve yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) ise 32,09 ppm olarak gözlemlenmiştir (izelge 4.53). Fosfor dozundaki artışa bağlı olarak yarayırlı fosfor miktarının toplam fosfor miktarı içerisindeki oranı artarken, toplam fosforun kontrol dozunda %6'sı yarayırlı, %81'i az yarayırlı, %13' yarayırsız formda olduğu ve en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) ise toplam fosforun %7'si yarayırlı, %81'i az yarayırlı, %12'si yarayırsız formda olduğu belirlenmiştir (şekil 4.7).

TSP ve C26 bakterisi uygulanan sera denemesinde toprakların yarayırlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 18,79 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) 31,22 ppm'e kadar yükselmiştir (izelge 4.53). Fosfor miktarının yarayırlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol ve en yüksek doz olan 20 kg/da P₂O₅ dozunda sırasıyla %5 ve %8'i yarayırlı, %82'si ve %81'i az yarayırlı, %13' ve %11'si yarayırsız formda olduğu belirlenmiştir (şekil 4.7).

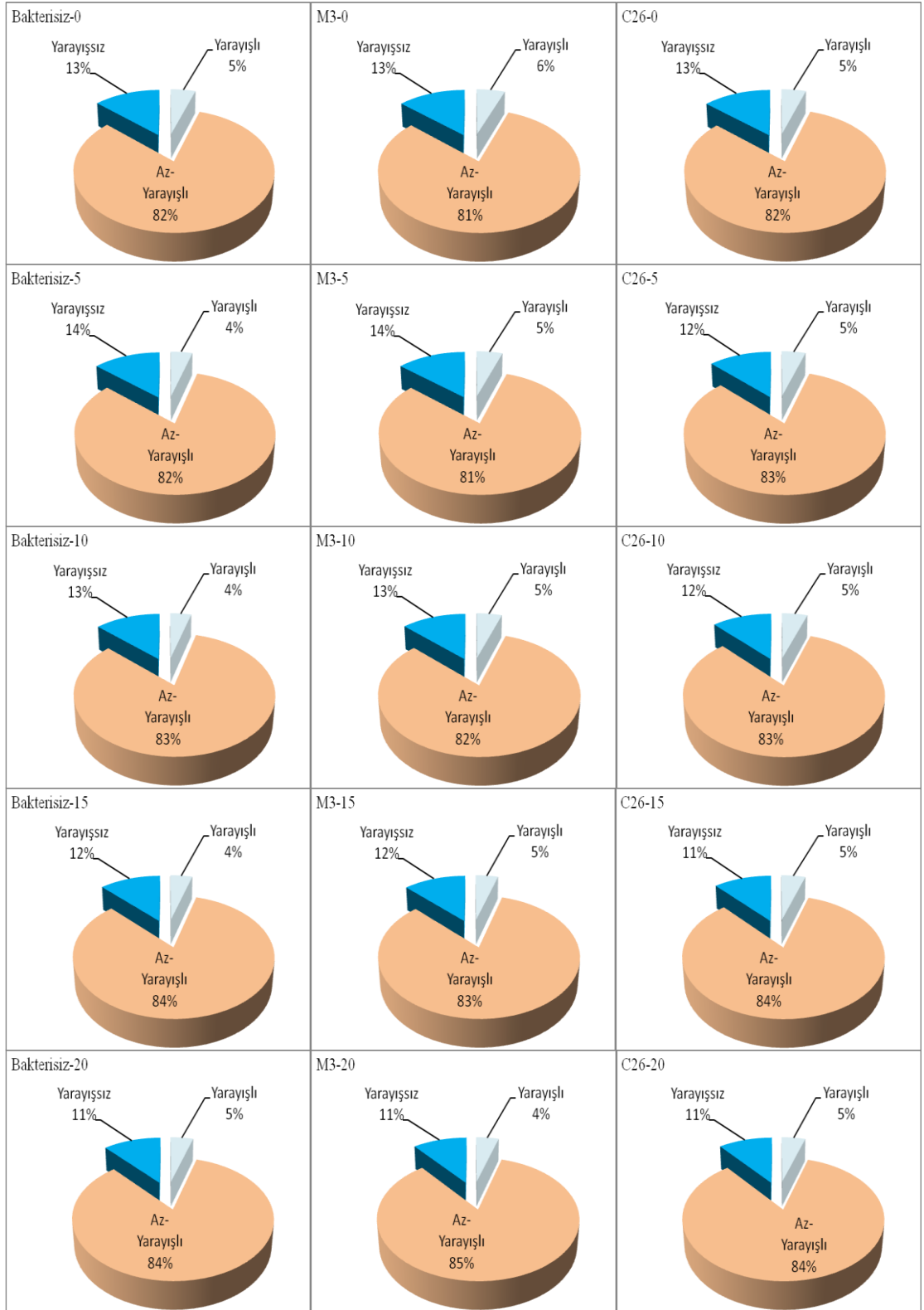


Şekil 4.7. Sera koşullarında TSP ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yararlanılabilirliği üzerine etkisi

Sera denemesi topraklarının fosfor fraksiyonları incelendiğinde, fosfat kayası uygulanan denemede bakterisiz koşullarda toprakların yarayışlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 20,87 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) 23,40 ppm'e kadar yükselmiştir. Bakteri uygulamalarına bağlı olarak yarayışlı fosfor değerleri arasında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.53). Fosfor miktarının yarayışlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol dozunda %5'i yarayışlı, %82'si az yarayışlı, %13'ü yarayışsız formda olduğu belirlenmiştir. En yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) ise toplam fosforun %5'i yarayışlı, %84'ü az yarayışlı, %11'i yarayışsız formda olduğu hesaplanmıştır (Şekil 4.8).

M3 bakterisi uygulanan ve fosfat kayası ile gübrelenen sera denemesinde toprakların yarayışlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 20,84 ppm ve yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) ise 21,66 ppm olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4.53). Fosfor dozundaki artışa bağlı olarak yarayışlı fosfor miktarının toplam fosfor miktarı içerisindeki oranı azalırken, Toplam fosforun kontrol dozunda %6'sı yarayışlı, %81'i az yarayışlı, %13'ü yarayışsız formda olduğu ve en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) ise toplam fosforun %4'ü yarayışlı, %85'i az yarayışlı, %11'i yarayışsız formda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8).

Fosfat kayası ve C26 bakterisi uygulanan sera denemesinde toprakların yarayışlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 18,79 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) 23,49 ppm'e kadar yükselmiştir (Çizelge 4.53). Fosfor miktarının yarayışlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol ve en yüksek doz olan 20 kg/da P_2O_5 dozunda sırasıyla %5 ve %5'i yarayışlı, %82'si ve %84'ü az yarayışlı, %13'ü ve %11'i yarayışsız formda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8).

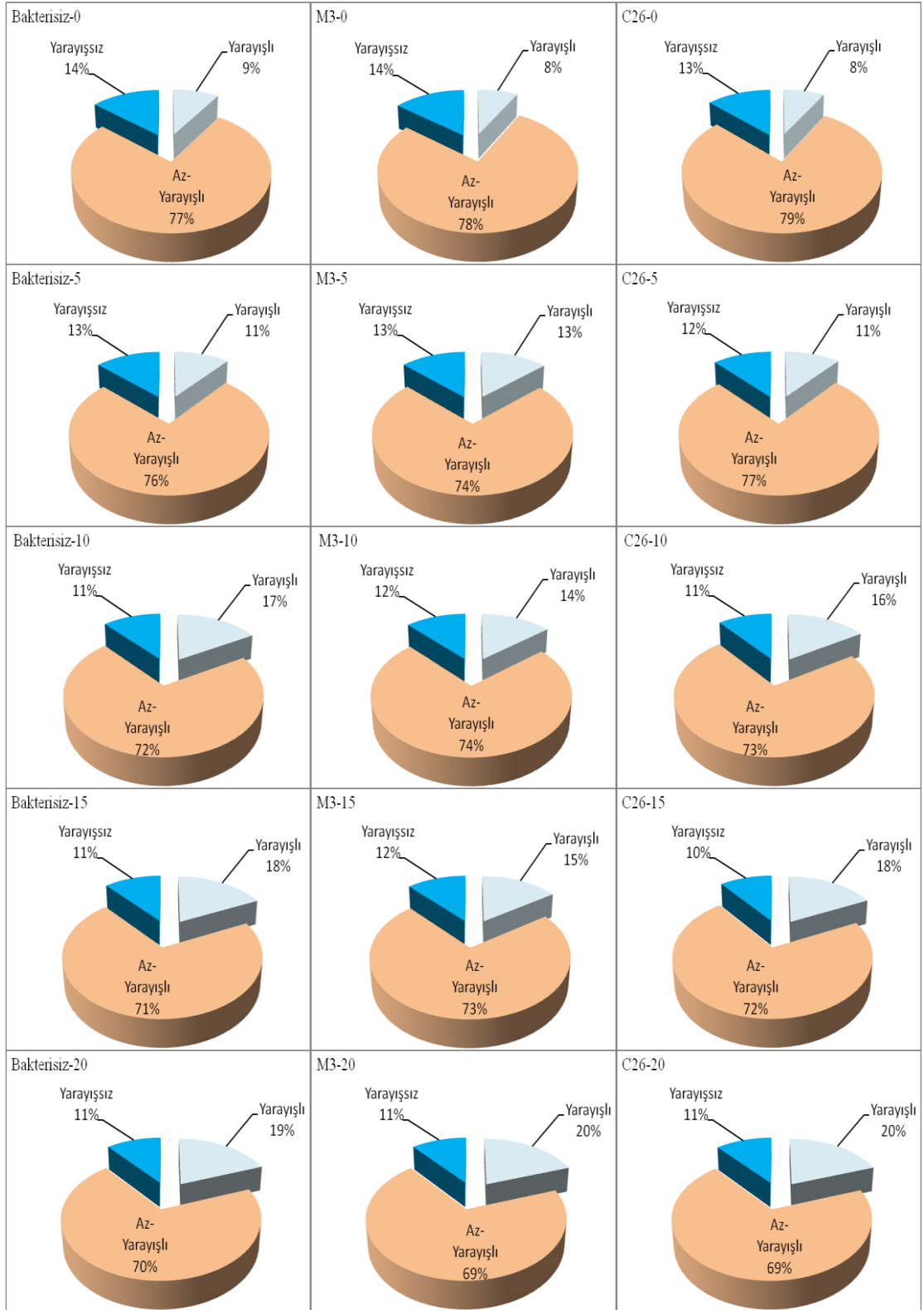


Şekil 4.8. Sera koşullarında FK ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yarayışlılığı üzerine etkisi

Tarla denemesi topraklarının fosfor fraksiyonları incelendiğinde, TSP uygulanan denemede bakterisiz koşullarda toprakların yarayırlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 34,13 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) 87,07 ppm'e kadar yükselmiştir. Bakteri uygulamalarına bağlı olarak yarayırlı fosfor değerleri arasında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir (izelge 4.53). Fosfor miktarının yarayırlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol dozunda %9'u yarayırlı, %77'si az yarayırlı, %14' yarayırsız formda olduğu belirlenmiştir. En yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) ise toplam fosforun %19'u yarayırlı, %70'i az yarayırlı, %11'i yarayırsız formda olduğu hesaplanmıştır (şekil 4.9).

M3 bakterisi uygulanan ve TSP ile gübrelenen tarla denemesinde toprakların yarayırlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 29,07 ppm ve yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) ise 93,24 ppm olarak gözlemlenmiştir (izelge 4.53). Fosfor dozundaki artışa bağlı olarak yarayırlı fosfor miktarının toplam fosfor miktarı içerisindeki oranı artarken, Toplam fosforun kontrol dozunda %8'i yarayırlı, %78'i az yarayırlı, %14' yarayırsız formda olduğu ve en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) ise toplam fosforun %20'si yarayırlı, %69'u az yarayırlı, %11'i yarayırsız formda olduğu belirlenmiştir (şekil 4.9).

TSP ve C26 bakterisi uygulanan tarla denemesinde toprakların yarayırlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 31,36 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P₂O₅) 91,29 ppm'e kadar yükselmiştir (izelge 4.53). Fosfor miktarının yarayırlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol ve en yüksek doz olan 20 kg/da P₂O₅ dozunda sırasıyla %8 ve %20'si yarayırlı, %79'u ve %69'u az yarayırlı, %13' ve %11'si yarayırsız formda olduğu belirlenmiştir (şekil 4.9).

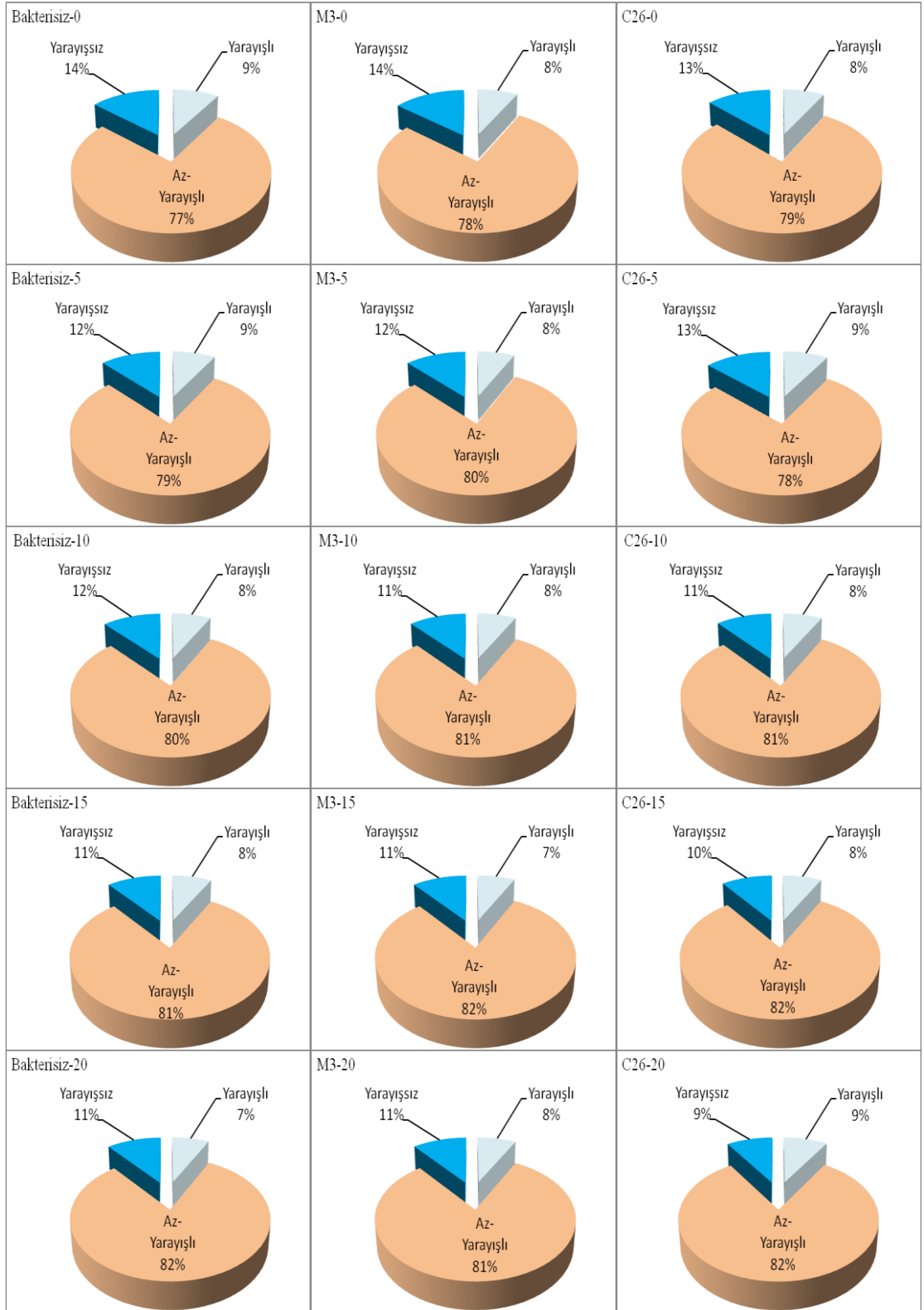


Şekil 4.9. Tarla koşullarında TSP ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yarayırlılığı üzerine etkisi

Tarla denemesi topraklarının fosfor fraksiyonları incelendiğinde, fosfat kayası uygulanan denemede bakterisiz koşullarda toprakların yarayışlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 31,13 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) 39,84 ppm'e kadar yükselmiştir. Bakteri uygulamalarına bağlı olarak yarayışlı fosfor değerleri arasında önemli değişiklikler gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.53). Fosfor miktarının yarayışlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol dozunda %9'u yarayışlı, %77'si az yarayışlı, %14'ü yarayışsız formda olduğu belirlenmiştir. En yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) ise toplam fosforun %7'si yarayışlı, %82'si az yarayışlı, %11'i yarayışsız formda olduğu hesaplanmıştır (Şekil 4.10).

M3 bakterisi uygulanan ve fosfat kayası ile gübrelenen tarla denemesinde toprakların yarayışlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 29,67 ppm ve yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) ise 39,20 ppm olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 4.53). Fosfor dozundaki artışa bağlı olarak yarayışlı fosfor miktarının toplam fosfor miktarı içerisindeki oranı azalırken, toplam fosforun kontrol dozunda %8'i yarayışlı, %78'i az yarayışlı, %14'ü yarayışsız formda olduğu ve en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) ise toplam fosforun %8'i yarayışlı, %81'i az yarayışlı, %11'i yarayışsız formda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).

Fosfat kayası ve C26 bakterisi uygulanan tarla denemesinde toprakların yarayışlı fosfor içerikleri kontrol dozunda 31,36 ppm iken en yüksek fosfor uygulama dozunda (20 kg/da P_2O_5) 45,76 ppm'e kadar yükselmiştir (Çizelge 4.53). Fosfor miktarının yarayışlılık dilimleri arasındaki dağılımlar incelendiğinde toplam fosforun kontrol ve en yüksek doz olan 20 kg/da P_2O_5 dozunda sırasıyla %8'i ve %9'u yarayışlı, %79'u ve %82'si az yarayışlı, %13'ü ve %9'u yarayışsız formda olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10).



şekil 4.10. Tarla koşullarında FK ile farklı biyogübre uygulamalarının topraktaki fosfor yarayışlılığı üzerine etkisi

Yapılan benzer çalışmalarda PGPR uygulamalarının fosfat kayasından bitkiye yarayışlı fosfor miktarının serbestlenmesinde önemli artışa neden olduğu (Turan vd 2006), PGPR uygulamasıyla özellikle *Bacillus megaterium* M3 uygulamasıyla bitkiye yarayışlı fosfor miktarında artışlar sağlandığı (Alexander 1977; Sundara *et al.* 2002) belirtilmiştir. Özellikle farklı dozlarda uygulanan fosfat kayasının PGPR ile uygulanması durumunda resin-Pi değerinin kontrole göre önemli düzeylerde arttığı ve PGPR uygulamasıyla bitkiye yarayışlı fosfor miktarının artış göstererek, yarayışsız formda bulunan fosfor fraksiyonlarından yarayışlı dilime doğru geçiş olduğu yapılan çalışmalar ile belirtilmeye çalışılmıştır (Güneş vd 2009).

4.5. Gübre Etkinlik Parametreleri

4.5.1. Agronomik etkinlik

Agronomik etkinliği birim gübre başına alınan tane verimi olarak değerlendirdiğimizde sera denemesinde bakteri uygulamadan fosforlu gübrelerden TSP olarak dekara 1 kg P₂O₅ verilir ise yaklaşık 7 kg daha fazla tane alındığı tespit edilmiştir. M3 bakterisi uygulandığı zaman bu değer 7,80 kg'a ve C26 bakterisi uyguladığımızda ise 8,96 kg a çıktığını Çizelge 4.54'de görülmektedir. Artan dozlarda TSP uygulamasıyla da agronomik etkinliğin düştüğü belirlenmiştir.

Çizelge 4.54'de fosfat kayası uygulanan sera denemesi sonuçlarına göre, bakteri uygulanmayan her 1 kg P₂O₅ dozu için mısır bitkisinin tane verimi 3,12 kg olarak artmaktadır. Bu değer M3 bakterisi uygulamasıyla 8,35 kg'a ve C26 bakterisi uygulamasıyla ise 8,25 kg'a kadar çıkmaktadır. TSP gübresi gibi fosfat kayası dozlarının artmasıyla birlikte de agronomik etkinliğin düştüğü görülmektedir.

Çizelge 4.54. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agronomik etkinliği üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	12,40	14,44	15,76	14,20
	10	8,45	8,57	8,35	8,46
	15	4,88	5,11	7,42	5,80
	20	2,27	3,09	4,30	3,22
	Ortalama	7,00	7,80	8,96	7,92

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	5,74	14,09	13,97	11,27
	10	2,74	8,46	7,87	6,36
	15	1,90	6,15	6,67	4,90
	20	2,09	4,72	4,48	3,76
	Ortalama	3,12	8,35	8,25	6,57

Tarla denemesi sonuçlarına göre ise TSP uygulanan tarla denemesindeki mısır bitkilerinin agronomik etkinliği bakteri uygulanmayan parsellerde 1 kg P₂O₅ başına 19,98 kg olarak tespit edilmiştir. Bu değer M3 bakterisi uygulanan parsellerde 25,03 kg'a, C26 bakterisi uygulanan parsellerde ise 33,37 kg'a çıkmıştır. Fosfor dozlarının artışına bağlı olarak agronomik etkinlikte düştüğü gözlemlenmiştir (Çizelge 4.55).

Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde mısır bitkisinin agronomik etkinliği bakteri uygulamasına bağlı olarak artış göstermiş ve doz uygulamasına bağlı olarak ise düşüş göstermiştir. Bakteri uygulanmayan parsellerde agronomik etkinlik 14,85 kg/kg olarak bulunurken, M3 bakterisi uygulamasıyla bu değer 27,82 kg/kg'a ve C26 bakterisi uygulamasıyla ise 30,41 kg/kg'a çıkmıştır (Çizelge 4.55).

Çizelge 4.55. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agronomik etkinliği üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	30,84	42,53	56,02	43,13
	10	21,33	22,97	37,87	27,39
	15	16,73	20,45	22,82	20,00
	20	11,01	14,17	16,78	13,99
	Ortalama	19,98	25,03	33,37	26,13
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	16,47	43,24	55,21	38,31
	10	16,98	29,87	29,20	25,35
	15	13,90	20,26	21,00	18,39
	20	12,06	17,92	16,25	15,41
	Ortalama	14,85	27,82	30,41	24,36

TSP ile gübrelenen sera denemesinde agronomik etkinlik bakterisiz uygulamaya göre M3 bakterisi uygulamasıyla %11,48, C26 bakterisi uygulamasıyla da %27,96 artış göstermiştir. Fosfat kayası uygulanan denemede ise bakterisiz uygulamaya göre M3 bakterisi uygulaması %168, C26 bakterisi uygulaması ise %164,61 artışa neden olmuştur.

Tarla denemesinde TSP uygulanan parsellerde bakterisiz uygulamalara göre M3 ve C26 bakteri uygulamaları agronomik etkinliği sırasıyla %25,03 ve %67,04 olarak artırmıştır. Fosfat kayası uygulanan denemede ise M3 bakterisi agronomik etkinliği bakteri uygulanmayan parsele göre %87,31 artırırken, C26 bakterisi ise %104,76 artırdığı gözlemlenmiştir.

Bakteri uygulamalarının agronomik etkinliği hem TSP hemde fosfat kayası uygulamasında ciddi anlamda artırdığı sera ve tarla denemeleri sonuçları göstermiştir. TSP ye göre fosfat kayası uygulamasında bakteri uygulamasına bağlı olarak agronomik etkinliğin daha fazla artması TSP gübresindeki fosforun daha fazla çözünür halde

olmasıyla ilişkilendirilebilir. Tarla denemesindeki agronomik etkinliğin sera denemesinden daha fazla çıkmasının nedeni ise serada saksılarda yetişen bitkilerde tane veriminin tarlaya oranla daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

Hussein (2009)'a göre etkinlik parametreleri incelendiğinde çeşitlere göre değişmekle birlikte agronomik etkinlik 12,56-48,33 kg/kg P₂O₅ arasında değişim göstermiştir. Fageria and Filho (2007) ise çeltikte agronomik etkinliği 10,3 kg/kg olarak bulmuştur. Bulduğumuz değerler literatürle uygunluk göstermektedir.

4.5.2. Fizyolojik etkinlik

Fizyolojik etkinlik toplam bitkide biriken her birim fosfor için bitki verimindeki toplam artış olarak nitelendirirsek, sera denemesinde TSP uygulanan parsellerde gübre uygulamalarına bağlı olarak bitkinin kaldırdığı her 1 kg fosfor bakterisiz uygulamada verimi 146,02 kg artırırken, M3 bakterisi uygulanmasıyla bu değer 166,31 kg ve C26 bakterisi uygulanmasıyla ise 167,06 ya kadar yükselmiştir. Gübre dozu arttıkça fizyolojik etkinliğinde düştüğü görülmektedir (Çizelge 4.56).

Fosfat kayası uygulamasında ise bakterisiz uygulamada fizyolojik etkinlik 586,05 kg/kg bulunurken, M3 uygulamasında 578,87 kg/kg, C26 uygulamasında ise 527,19 kg/kg olarak tespit edilmiştir. Artan gübre dozlarına bağlı olarak fizyolojik etkinlik değerleri de düşüş göstermiştir (Çizelge 4.56).

TSP uygulanan tarla denemesi sonuçlarına göre fizyolojik etkinlik değerleri bakterisiz uygulamada ortalama 329,64 kg/kg olurken, M3 bakterisi uygulandığında 298,86, C26 bakterisi uygulandığında ise 332,27 kg/kg olduğu belirlenmiştir. Dozlara bağlı olarak fizyolojik etkinlikler 285,79 kg/kg ile 338,59 kg/kg arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.57).

Çizelge 4.56. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	195,30	275,19	205,83	225,44
	10	166,49	181,22	164,54	170,75
	15	130,46	109,32	172,14	137,31
	20	91,83	99,52	125,73	105,69
	Ortalama	146,02	166,31	167,06	159,80
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	550,85	745,95	567,75	621,52
	10	661,38	627,59	530,06	606,34
	15	627,48	449,62	520,63	532,58
	20	504,50	492,32	490,33	495,72
	Ortalama	586,05	578,87	527,19	564,04

Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde ise bakteri uygulanmayan parsellerde ortalama fizyolojik etkinlik değeri 434,92 kg/kg, M3 bakterisi uygulanan parsellerde 377,85 kg/kg ve C26 bakterisi uygulanan parsellerde ise 395,47 kg/kg olarak gözlemlenmiştir. Fosfor dozlarına bağlı olarak etkinlik değerleri 367,35 kg/kg ile 433,83 kg/kg arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.57).

Sera ve tarla denemesi sonuçlarına göre artan dozlarda fosfor uygulamalarına göre fizyolojik etkinliklerin düşüş gösterdiği Çizelge 4.57’de gözlemlenmiştir. Fizyolojik etkinliklerin artan dozlara göre düşüş gösterdiği diğer araştırmalarda benzer sonuçlar östermiştir (Sahrawat *et al.* 1997; Fageria and Filho 2007)

Çizelge 4.57. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	283,32	345,67	371,98	333,66
	10	366,80	332,60	316,38	338,59
	15	342,28	281,55	345,14	322,99
	20	326,17	235,62	295,57	285,79
	Ortalama	329,64	298,86	332,27	320,26

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	491,95	406,71	402,83	433,83
	10	370,02	343,49	388,53	367,35
	15	456,09	362,85	398,84	405,93
	20	421,63	398,35	391,70	403,89
	Ortalama	434,92	377,85	395,47	402,75

Hem tarla hem de sera denemesi sonuçlarına göre fizyolojik etkinlikler üzerine bakterilerin büyük ölçüde etkileri olmamıştır. TSP uygulanan bitkilerin fizyolojik etkinliklerinin, fosfat kayası uygulanan bitkilerden düşük olmasının nedeni TSP uygulanan bitkilerde fosforun bitkinin sap ve yaprağında fazla miktarda birikmesinden (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.14) dolayı birim fosfor başına düşen bitki miktarının azalmasından kaynaklanmış olabilir.

4.5.3. Agrofizyolojik etkinlik

Uygulanan gübreye bağlı olarak bitkide biriken her birim fosforun yapmış olduğu tane artışı agrofizyolojik etkinlik olarak açıklanırsa, TSP gübresi uygulanan sera denemesi sonuçlarına göre bakterisiz uygulamaların ortama agrofizyolojik etkinliği 83,66 kg/kg olarak belirlenmiştir. M3 bakterisi uygulandığında bu değer 77,38'e düşerken C26 bakterisi uygulandığında ise 86,12 kg/kg'a çıktığı belirlenmiştir. Fosfor dozlarının artmasıyla birlikte agrofizyolojik etkinliğinde azalış gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.58).

Çizelge 4,58'de fosfat kayası uygulanan sera denemesi topraklarının agronomik etkinliklerinin bakteri uygulamasıyla arttığı doz artışına bağlı olarak ta azaldığı gözlemlenmektedir. M3 bakteri uygulaması agrofizyolojik etkinliği uygulanmayan bakterisiz guruba göre %21,56, C26 bakteri uygulaması ise %31,82 kadar artırmıştır. TSP'de olduğu gibi fosfat kayası uygulanan denemede de gübre dozunun artması agrofizyolojik etkinliğin azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.58. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agrofizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	126,85	133,39	113,32	124,52
	10	99,14	79,58	81,17	86,63
	15	67,37	53,00	87,12	69,17
	20	41,29	43,53	62,87	49,23
	Ortalama	83,66	77,38	86,12	82,39

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	276,11	343,92	337,04	319,03
	10	228,60	283,30	303,48	271,80
	15	187,98	212,89	288,51	229,79
	20	182,89	224,27	225,14	210,77
	Ortalama	218,90	266,10	288,54	257,85

Tarla koşullarında da TSP gübresi uygulanan parsellerde agrofizyolojik etkinlik değerleri sera koşullarına benzer olup en düşük agrofizyolojik etkinlik 122,93 kg/kg ile M3 bakterisi uygulanan parsellerde gerçekleşirken, bunu sırasıyla 135,68 kg/kg ile bakterisiz uygulama ve 154,36 kg/kg ile C26 uygulaması takip etmiştir.

Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde mısır bitkisinin agrofizyolojik etkinliği üzerine bakteri uygulamasının önemli bir etkisi görülmemektedir (Çizelge 4.59). TSP ve fosfat kayası dozlarının artışına bağlı olarak agrofizyolojik etkinliğinde düştüğü görülmektedir.

Çizelge 4.59. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin agrofizyolojik etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	139,73	139,55	171,02	150,10
	10	139,59	129,28	152,28	140,38
	15	138,41	122,91	157,40	139,57
	20	124,99	99,99	136,72	120,57
	Ortalama	135,68	122,93	154,36	137,66

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	178,66	185,98	205,75	190,13
	10	172,60	178,52	177,21	176,11
	15	168,62	163,97	164,83	165,81
	20	185,18	159,02	158,21	167,47
	Ortalama	176,27	171,87	176,50	174,88

Abbasi *et al.* (2010) bu çalışmaya benzer şekilde, soyada artan fosfor dozlarına bağlı olarak agrofizyolojik etkinliğin azaldığını belirlemiştir.

4.5.4. Fosfor kullanım etkinliği

Fosfor kullanım etkinliğini verilen birim gübre başına toplam bitki verimindeki artış olarak inceleyecek olursak, Çizelge 4.60'da sera da kurulan deneme sonuçlarına göre bakteri uygulamadan ortalama olarak verilen her 1 kg P₂O₅ içeren TSP gübresi ile mısır bitkisinde toplam 11,94 kg daha fazla toplam bitki alındığı belirlenmiştir. Bu durum M3 bakterisi uygulandığı zaman 16,73 kg'a, C26 bakterisi uygulandığı zaman ise 17,20 kg'a kadar çıkmaktadır. Kullanım etkinliği de verilen dozların artışına ters yönde azalış göstermektedir.

Çizelge 4.60. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor kullanım etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	19,09	29,79	28,63	25,84
	10	14,19	19,52	16,92	16,88
	15	9,45	10,53	14,66	11,55
	20	5,06	7,06	8,60	6,91
	Ortalama	11,94	16,73	17,20	15,29

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	11,45	30,56	23,54	21,85
	10	7,93	18,74	13,75	13,48
	15	6,33	12,99	12,03	10,45
	20	5,77	10,36	9,75	8,62
	Ortalama	7,87	18,16	14,77	13,60

Fosfor kullanım etkinliği fosfat kayası uygulanan sera denemesinde ise bakterisiz uygulanmadan 7,87 kg/kg iken, M3 ve C26 bakterisi uygulandığında sırasıyla 18,16 ve 14,77 kg/kg olarak değişmektedir. Fosfat kayası dozunun artmasıda fosfor kullanım etkinliğini azalttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.60).

TSP uygulanan tarla denemesinde ise verilen her 1 kg P₂O₅ için bakteri uygulanmayan parsellerde ortalama olarak fazladan 47,18 kg bitki ürünü alındığı Çizelge 4.80'de belirtilmektedir. Aynı tabloda M3 bakterisi uygulamasıyla bu değer 61,16 kg'a ve C26 bakterisi uygulamasıyla ise 71,71 kg'a kadar çıkabileceği görülmektedir (Çizelge 4.61).

Fosfat kayası uygulanan tarla denemesinde bakteri uygulanmayan parsellerde fosfor kullanım etkinliği 36,70 kg/kg olduğunu ve bu değer M3 bakterisi uygulamasıyla 60,44 kg/kg'a, C26 bakterisi uygulamasıyla da 65,79 kg/kg'a çıkabileceği görülmektedir. Ayrıca fosfor kaynağı olarak gerek TSP olsun gerek de fosfat kayası olsun uygulanan gübre miktarı arttıkça fosfor kullanım etkinliğinin azaldığı görülmektedir (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.61. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor kullanım etkinliği üzerine etkisi (kg/kg)

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	62,54	105,34	121,85	96,58
	10	56,06	59,08	78,69	64,61
	15	41,38	46,84	50,03	46,08
	20	28,73	33,39	36,28	32,80
	Ortalama	47,18	61,16	71,71	60,02

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	45,35	94,56	108,09	82,67
	10	36,41	57,47	64,01	52,63
	15	37,60	44,83	50,82	44,42
	20	27,46	44,90	40,23	37,53
	Ortalama	36,70	60,44	65,79	54,31

TSP uygulanan sera denemesinde M3 bakterisi uygulanmasıyla fosfor kullanım etkinliği %40,04, C26 bakterisi uygulanmasıyla ise %44,01 oranında arttığı belirlenmiştir. Tarla denemesinde ise bu artış M3 uygulamasında %29,65 ve C26 uygulamasıyla da %52,01 olarak elde edilmiştir.

Fosfat kayası uygulanan sera denemesinde ise fosfor kullanım etkinliği M3 bakterisi uygulamasıyla %130,80 artarken, C26 bakterisi uygulamasıyla %87,64 oranında artmıştır. Bu artış tarla denemelerinde ise M3 ve C26 uygulamalarına bağlı olarak sırasıyla %64,67 ve %79,24 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.61).

Sera denemesindeki fosfor kullanım etkinliklerinin tarla denemesindeki fosfor kullanım etkinliklerinden az çıkmasının nedeni saksılardaki mısır bitkinin tarlada yetişenlerden her bir birim fosfor miktarına bağlı olarak daha az biyokütle oluşturması ile açıklanabilir. Fakat hem sera ve hemde tarla denemesi sonuçları M3 ve C26 bakteri uygulamalarının fosfor kullanım etkinliğini önemli derecede artırdığını göstermektedir.

Fosfor çözücü bakterilerin fosfor kullanım etkinliğini artırdığı Singh *et al.* (2005) ve Adesemoye and Kloepper (2009) tarafından bildirilmektedir.

Ayrıca artan fosfor dozlarına göre de fosfor kullanım etkinliğinin azaldığı her iki denemede görülmektedir. Artan fosfor dozlarına bağlı olarak kullanım etkinliğinin azaldığı birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Fageria and Filho 2007; Hussein 2009; Abbasi *et al.* 2010; Daoui *et al.* 2012)

4.5.5. Translokasyon etkinliği

Toplam bitkide bulunan fosforun %kaçının taneye taşındığı ise translokasyon etkinliği olarak adlandırılmaktadır. Translokasyon etkinliği TSP uygulanan sera denemesinde bakteri uygulamalarına bağlı olarak %46,28 ile 50,24 arasında değişim göstermiş, fosfat kayası uygulanan denemede ise %62,57 ile 65,75 arasında bulunmuştur. Doz artışına bağlı olarak translokasyon etkinliği hem TSP hem de fosfat kayası denemesinde çok az miktarlarda düşüş göstermiştir (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.62. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin translokasyon etkinliği üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	56,92	54,86	54,27	55,35
	10	51,90	47,88	51,14	50,31
	15	48,07	42,72	47,44	46,08
	20	44,06	39,64	43,05	42,25
	Ortalama	50,24	46,28	48,98	48,50
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	65,89	64,83	65,72	65,48
	10	66,88	62,82	64,88	64,86
	15	65,68	61,10	63,98	63,59
	20	64,54	61,52	64,50	63,52
	Ortalama	65,75	62,57	64,77	64,36

TSP uygulanan tarla denemesinde ise translokasyon etkinliği bakterisiz uygulamada ortalama %57,79, M3 bakterisiz uygulamada ortalama %52,22 ve C26 bakterisi uygulamada ise ortalama %53,30 olarak belirlenmiştir. Fosfat kayası uygulanan parsellerde ise bu değerler bakterisiz uygulamada %62,66, M3 uygulamasında %55,01 ve C26 uygulamasında ise %57,93 olarak bulunmuştur. Sera denemesine benzer olarak fosfor dozlarının artışı translokasyon etkinliğin çok az miktarda düşmesine neden olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.63). Ayrıca TSP gübresinin translokasyon etkinliğinin fosfat kayasından daha düşük olduğu her iki denemede de görülmektedir.

Çizelge 4.63. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin translokasyon etkinliği üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	61,14	56,24	57,03	58,14
	10	59,62	53,70	53,80	55,71
	15	54,98	48,85	54,11	52,65
	20	55,42	50,10	48,27	51,26
	Ortalama	57,79	52,22	53,30	54,44
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	66,02	57,26	59,08	60,79
	10	61,72	54,49	56,92	57,71
	15	62,13	53,82	57,28	57,74
	20	60,75	54,49	58,42	57,89
	Ortalama	62,66	55,01	57,93	58,53

Singh *et al.* (2005) mercimek üzerine farklı dozlarda fosfor gübresi uygulamasının translokasyon etkinliğini değiştirmediğini fakat fosfor çözücü bakteri uygulamasının artırdiğını belirlemiş olmasına rağmen bu çalışmada hem sera denemesinde hem de tarla denemesinde bakteri uygulamanın translokasyon etkinliğini az miktarda düşürdüğü tespit belirlenmiştir. Abbasi *et al.* (2010), araştırma bulgularımıza paralel olarak, artan fosfor dozlarının fosfor hasat indeksini (translokasyon etkinliğin) çok az miktarda azalttığını rapor etmiştir.

4.5.6. Geri dönüşüm etkinliği

Ger i dönüşüm etkinliği verilen gübrenin yüzde kaçının bitkiye geçtiği yada ne kadarının bitki tarafından alındığı olarak nitelendirdiğimizde, TSP uygulanan sera denemesinde bakteri olmadan uyguladığımız gübrenin %7,76 sı bitki tarafından alınırken, M3 bakterisi uyguladığımız zaman %9,58 ve C26 bakterisi uyguladığımız zaman ise %9,89'un bitki tarafından kullanıldığını Çizelge 4.64'te görmekteyiz.

Çizelge 4.64. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin geri dönüşüm etkinliği üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf u/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	9,77	10,83	13,91	11,50
	10	8,52	10,77	10,28	9,86
	15	7,24	9,64	8,52	8,46
	20	5,51	7,10	6,84	6,48
	Ortalama	7,76	9,58	9,89	9,08
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf u/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	2,08	4,10	4,15	3,44
	10	1,20	2,99	2,59	2,26
	15	1,01	2,89	2,31	2,07
	20	1,14	2,10	1,99	1,75
	Ortalama	1,36	3,02	2,76	2,38

Fosfat kayası uygulanan sera denemesinde ise bakteri uygulanmadan mısır bitkisi ortalama olarak fosfat kayasının %1,36'sından faydalanabilirken, M3 bakterisi uygulandığında %3,02'sinden ve C26 bakterisi uygulandığı zaman ise %2,76'sından yararlandığı belirlenmiştir. Ayrıca artan TSP ve fosfat kayası dozlarına bağlı olarak geri dönüşüm etkinliğinin de düştüğü tespit edilmiştir (Çizelge 4.64).

Çizelge 4.65'te TSP uygulanan tarla denemesinde bakteri uygulanmadan fosforun %14,56'sı bitkiler tarafından kaldırılırken, M3 bakterisi uygulandığı zaman uygulanan

fosforun %19,76'sı ve C26 bakteri uygulandığı zaman ise %21.10'u bitkiler tarafından geri alındığı elde edilmiştir. Sera denemesine benzer şekilde fosfor dozlarının artışıyla geri dönüşüm etkinliğinde düştüğü görülmektedir.

Çizelge 4.65. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin geri dönüşüm etkinliği üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	22,07	30,48	32,76	28,44
	10	15,28	17,76	24,87	19,31
	15	12,09	16,64	14,50	14,41
	20	8,81	14,17	12,28	11,75
	Ortalama	14,56	19,76	21,10	18,48
Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	9,22	23,25	26,83	19,77
	10	9,84	16,73	16,48	14,35
	15	8,24	12,36	12,74	11,11
	20	6,51	11,27	10,27	9,35
	Ortalama	8,45	15,90	16,58	13,65

Fosfat kayası uygulanan denemede ise bakteri kullanmadan fosforun geri dönüşüm etkinliği %8,45 olurken, M3 ve C26 bakterisi uygulandığı zaman bu değer sırasıyla %15,90 ve %16,58'e kadar arttığı belirlenmiştir. Fosfor dozlarının artışına bağlı olarak geri dönüşüm yüzdesinin azatlığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.65)

TSP uygulanan sera denemesinde bakterisiz uygulamaya göre M3 bakterisi geri dönüşüm yüzdesini 1,23 kat ve C26 bakterisi ise 1,27 kat artırdığı, tarla denemesinde de M3 bakterisi 1,35 ve C26 bakterisi ise 1,45 kat artırdığı saptanmıştır.

Fosfat kayası uygulanan sera denemesinde M3 bakterisi geri dönüşüm yüzdesini 2,22 kat ve C26 bakterisi ise 2,03 kat artırmış olup, tarla denemesinde M3 bakterisi 1,88 kat ve C26 bakterisi ise 1,96 kat artırdığı belirlenmiştir.

Fosfat kayası uygulanan parsellerde M3 ve C26 bakterisinin geri dönüşüm etkinliği üzerine göstermiş olduğu artış TSP uygulanan parsellerdekine göre daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65). Bunun sebebi, fosfat kayasının TSP gübresine oranla daha zor çözünebilir formada olması ve bakterilerin bu gübreyi çözmede daha etken çalışmasından kaynaklanmış olabilir.

Bakteri uygulamasıyla TSP ve fosfat kayası uygulamalarında geri dönüşüm etkinliğinin arttığı ve ayrıca fosfor dozunun artışa bağlı olarak geri dönüşüm etkinliğinin azaldığı hem tarla hem de sera denemesinde belirlenmiş olup, her iki deneme birbirlerini destekler niteliktedir (Çizelge 4.64 ve Çizelge 4.65). Fosfor çözücü bakteri uygulamasının ve fosfor dozlarının mercimek bitkisinde geri dönüşüm etkinliği üzerine etkisi araştıran Singh *et al.* (2005) artan gübre dozlarına bağlı olarak geri dönüşüm etkinliğinin azaldığını ve bakteri uygulamasıyla arttığını belirlemiştir.

4.5.7. Hasat indeksi

TSP uygulanan sera denemesinde hasat indeksi değerlerinde dozların artışına ve bakteri uygulamalarına bağlı olarak önemli düzeyde farklılıklar görülmemiş ve 0,31 ile 0,33 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.66. Sera denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin hasat indeksi üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	0,33	0,32	0,33	0,32
	10	0,33	0,32	0,32	0,33
	15	0,32	0,32	0,33	0,33
	20	0,31	0,31	0,33	0,32
	Ortalama	0,32	0,32	0,33	0,32

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cf/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	0,31	0,32	0,33	0,32
	10	0,30	0,32	0,33	0,32
	15	0,30	0,32	0,34	0,32
	20	0,30	0,32	0,32	0,32
	Ortalama	0,30	0,32	0,33	0,32

Fosfat kayası uygulanan sera denemesinde mısır bitkisinin hasat indeksi değerleri incelendiğinde bakteri uygulanmadığı zaman hasat indeksi 0,30 olurken, bu değer M3 bakterisi uygulandığında 0,32'e ve C26 bakterisi uygulandığı zaman ise 0,33'e çıkmıştır. Ayrıca fosfor dozlarının artışına bağlı olarak hasat indeksi değerlerinde değişmediği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.67'de TSP ve fosfat kayası uygulanan tarla denemesine ait sonuçlar incelendiğinde hasat indeksi üzerine doz ve bakterinin önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. TSP uygulanan tarla denemesinde hasat indeksi değerleri bakterisiz uygulamaya göre M3 bakterisi uygulaması ile herhangi bir değişiklik göstermezken (0,44), C26 bakterisi uygulamasıyla artış göstermiştir (0,46). Sera denemesine benzer şekilde fosfor dozlarının hasat indeksini değiştirmeyeği belirlenmiştir. Singh *et al.* (2005)'in farklı bitkide yapmış olduğu araştırmada da bu çalışmaya benzer şekilde hasat indeksinin artan dozlar ve biyogübre uygulamalarına bağlı olarak değişmediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.67. Tarla denemesinde TSP ve fosfat kayası ile farklı biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin hasat indeksi üzerine etkisi

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
TSP	5	0,46	0,44	0,46	0,45
	10	0,43	0,44	0,46	0,44
	15	0,44	0,45	0,45	0,45
	20	0,44	0,45	0,46	0,45
	Ortalama	0,44	0,44	0,46	0,45

Gübre	P ₂ O ₅ (kg/da)	Bakteri Uygulaması (10 ⁸ Cfu/ml)			Ortalama
		Bakterisiz	M3	C26	
FK	5	0,44	0,45	0,47	0,46
	10	0,46	0,47	0,45	0,46
	15	0,43	0,45	0,44	0,44
	20	0,45	0,43	0,44	0,44
	Ortalama	0,45	0,45	0,45	0,45

5. SONUÇ

Ülkemiz topraklarının büyük kısmının organik madde içeriklerinin düşük olması, yüksek erozyon riski altında bulunması ve kaynağı tamamen dışarıdan ithal edilen fosforlu gübrelerin durumu dikkate alındığında hem bitkisel üretim, hem ekonomi ve hem de çevre açısından, topraklarda bulunan fosfordan etkin bir şekilde yararlanabilmek önem kazanmaktadır. Genelde ticari ve organik gübreler ihtiyacın üzerinde uygulanmakta, ekonomik ve çevresel yönden etkinliği göz ardı edilmektedir. Değişen iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak farklı bitkilerin gübre kullanım etkinliklerinin bilinmesi etkili gübreleme programı ve gübrelemeden beklenen yararın elde edilebilmesi açısından son derece önemlidir. Bu araştırma bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin fosforlu gübrelerin (TSP ve fosfat kayası) kullanım etkinliğinin artırılmasındaki potansiyellerinin ortaya konulması amacıyla yürütülmüştür.

Bu çalışmada, iki farklı fosforlu gübre kaynağı (TSP ve FK) uygulanan topraklarda sera ve tarla koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin fosforlu gübre kullanımını artırmak amacıyla fosfor çözme yeteneğine sahip bakteriler (M3 ve C26) kullanılmıştır. Uygulanan TSP ve fosfat kayasının farklı dozları ile iki farklı PGPR'ın mısır bitkisinin bitki boyu, gövde çapı üzerine kontrol grup ile karşılaştırıldığında, hem sera hem de tarla denemesi sonuçlarına göre, istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmediği belirlenmiştir. Ancak, topraktaki elverişli fosfor miktarı düşük olduğu durumda, mısır bitkisinin kuru madde miktarı ile tane veriminin düşük olduğu, buna karşın PGPR ile TSP ve fosfat kayası uygulamasına bağlı olarak mısır bitkisinin kuru madde ve tane veriminde önemli düzeyde artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Uygulanan TSP ve fosfat kayasının etkinliğini artırmak amacıyla uygulanan C26 ve M3 bakterilerinin farklı etki gösterdiği ve en önemli etkiye C26 bakterisinin neden olduğu tespit edilmiştir. Gübre uygulanmayan kontrol parsellerinde sadece C26 bakteri uygulamasıyla sera koşullarında mısır bitkisinin kuru madde ve tane verimindeki artış sırasıyla %2,16 ve %18,65 olarak belirlenirken, tarla koşullarında bu artış %26,75 ve

%27,01 olarak hesaplanmıştır. Aynı bakteri 20 kg P₂O₅/da dozunda, sera koşullarında bakterisiz ve gübresiz kontrol grubuna göre mısır bitkisinin kuru madde ve tane veriminde sırasıyla, TSP uygulamasında %18,99, %29,13; fosfat kayası uygulamasında ise %14,99, %30,33 oranında artışa neden olmuştur. C26+20 kg P₂O₅/da uygulaması aşılamanın yapılmadığı 20 kg P₂O₅/da fosfor dozuna kıyasla kuru madde miktarında ve tane veriminde TSP uygulamasında %6,91, %11,89; fosfat kayası uygulamasında ise %1,62, %14,16 düzeyinde artışa neden olmuştur. Tarla koşullarında ise C26 bakterisi 20 kg P₂O₅/da dozu uygulamasında bakterisiz ve gübresiz kontrol grubuna göre mısır bitkisinin kuru madde ve tane veriminde sırasıyla, TSP uygulamasında %44,56, %46,13; fosfat kayası uygulamasında ise %54,79, %44,67 oranında artışa neden olmuştur. C26+20 kg P₂O₅/da uygulaması kuru madde miktarında ve tane veriminde, bakteri aşılamanın yapılmadığı 20 kg P₂O₅/da doz seviyesine göre TSP uygulamasında %2,89, %12,18; fosfat kayası uygulamasında %14,51, %8,65 düzeyinde artışa neden olmuştur.

Regrasyon analizlerine göre sera denemesinde optimum tane verimi C26 uygulamasında TSP gübresi olarak 14,41 kg/da P₂O₅ dozunda (55,02 g/saksı) ve FK gübresi olarak 19,06 kg/da P₂O₅ dozunda (54,35 g/saksı) elde edilirken, tarla denemesinde optimum tane verimi C26 uygulamasında TSP gübresi olarak 13,78 kg/da P₂O₅ dozunda (1092,17 kg/da) ve FK gübresi olarak 17,85 kg/da P₂O₅ dozunda (1050,57 kg/da) elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre optimum tane verimi almak için sera koşullarında, C26 bakteri uygulaması ile birlikte dekara 14,41 kg TSP ya da 19,06 kg FK, tarla koşullarında ise C26 bakteri uygulaması ile birlikte dekara 13,78 kg TSP ya da 17,85 kg FK uygulanması gerektiği belirlenmiştir.

TSP ve fosfat kayası ile farklı PGPR bakterilerinin uygulanması sonucunda mısır yetiştirilen topraklarda fosfor fraksiyonlarında önemli değişimler olduğu belirlenmiştir. En etkin PGPR olarak belirlenen C26 bakterisinin 20 kg P₂O₅/da dozunda, sera koşullarında bakterisiz ve gübresiz kontrol grubuna göre yarayıklı, az-yarayıklı ve yarayıksız P dilimlerinde, sırasıyla TSP uygulamasında +%50, -%2 ve -%19; fosfat kayası uygulamasında ise sırasıyla +%13, +%22 ve -%4 oranında değişime neden

olmuştur. C26+20 kg P₂O₅/da uygulaması, TSP ve fosfat kayasının bakteri aşılama yapılmayan 20 kg P₂O₅/da dozuna kıyasla yarayırlı, az-yarayırlı ve yarayırsız P dilimlerinde, sırasıyla TSP uygulamasında -%3, -%5 ve -%24; fosfat kayası uygulamasında ise sırasıyla +%0,4, -%3 ve -%10 oranında değişime neden olduğu belirlenmiştir. C26 bakterisinin 20 kg P₂O₅/da dozunda, tarla koşullarında bakterisiz ve gübresiz kontrol grubuna göre yarayırlı, az-yarayırlı ve yarayırsız P dilimlerinde, sırasıyla TSP uygulamasında +%167, +%13,7 ve +%3; fosfat kayası uygulamasında ise sırasıyla +%34, +%49 ve -%6 oranında değişime neden olmuştur. C26+20 kg P₂O₅/da uygulaması, TSP ve fosfat kayasının bakteri aşılama yapılmayan 20 kg P₂O₅/da dozuna oranla yarayırlı, az-yarayırlı ve yarayırsız P dilimlerinde, sırasıyla TSP uygulamasında +%5, +%3 ve +%6; fosfat kayası uygulamasında ise sırasıyla +%15, -%3 ve -%18 oranında değişime neden olduğu belirlenmiştir. Genel olarak fosfor dozlarının ortalaması dikkate alındığında, toplam fosfor iğeriği üzerine C26 bakterisinin TSP gübresi uygulamasında herhangi etkisi gözlemlenmezken, fosfat kayası uygulamasında toprağın toplam fosfor iğeriğini azalttığı belirlenmiş ve bu azalış hem tarla hem de sera koşullarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. C26 bakterisinin fosfat kayası uygulanan topraklarda az yarayırlı ve yarayırsız halde bulunan fosforu çözmesiyle birlikte bitkilerin topraktan kaldırdıkları fosfor miktarına bağlı olarak topraklarda toplam fosforun azalmış olduğu düşünölmektedir.

PGPR bakterilerinin sera ve tarla denemelerinde TSP ve Fosfat Kayasın gübrelerrinin agronomik etkinliğini, fosfor kullanım etkinliğini ve geri dönüşüm yüzdesini önemli derecede artırdığı gözlemlenmiştir. C26 bakterisinin sera denemesinde TSP ve FK'nın agronomik etkinliğini sırasıyla %27,96 ve %164,61 oranında, tarla denemesinde ise %67,04 ve %104,76 oranında artırdığı görölmektedir. Aynı bakterinin sera koşullarında fosfor kullanım etkinliğini TSP gübresinde %44,01, fosfat kayasında ise %87,64 düzeyinde artırdığı, tarla koşullarında ise TSP gübresinin fosfor kullanım etkinliğini %52,01, fosfat kayasının ise %79,24 oranında artırdığı tespit edilmiştir. C26 bakterisi TSP ve fosfat kayası gübrelerrinin geri dönüşüm yüzdelerrini sera koşullarında sırasıyla 1,27 ve 2,03 kat, tarla koşullarında ise sırasıyla 1,45 ve 1,96 kat artırdığı yapılan etkinlik değerlendirmeleri sonucu belirlenmiştir.

Bu çalışmada da gerek uygulanan fosforlu gübrelerin ve gerekse topraktaki fosforun elverişlilik diliminin artırılmasında PGPR bakteri kullanımının yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle PGPR'ların bir takım salgılar ve biyokimyasal olaylara bağlı olarak topraktaki fosforun çözünürlüğüne katkıda bulunduğu ya da bitki gelişiminin artışına bağlı olarak daha fazla kök salgısı salgıladığı ve bunun sonucunda yarayışlı fosfor diliminin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde fosfor noksanlığının ve fosfor fiksasyonunun yüksek olduğu topraklarda, TSP ve fosfat kayasının etkinliğinin artırılmasında PGPR'larında kullanımının gerekli olduğu (özellikle C26) ortaya çıkmıştır. Bu gübrelerin özellikle fosfat kayasının düşük çözünürlük gibi olumsuzluklarının ortadan kaldırılması ve bitkiye yarayışlı fosfor miktarının ve etkinliğinin artırılmasında bitki-toprak-bakteri interaksiyonlarının dikkate alınması ve gübre yönetim sisteminde özellikle C26 PGPR bakterisinin yer alması gerektiği büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma sonucu elde edilen verilerin gerek topraktaki fosforun yarayışlılığının ve gerekse fosforlu gübre kaynaklarının etkinliğinin artırılmasında önemli kaynak olacağı düşünülmektedir. Böylece başta yöre çiftçileri olmak üzere bölgemizde bulunan çiftçilerin daha az gübre girdisi ile daha fazla ürün alabilmesi ve bunun sonucunda ekonomik refah seviyesinin artırılmasına katkı sağlanmış olacaktır. Ancak, arazi çalışmasının 3 yıl veya daha fazla süreyle yürütülerek hata payının azaltılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, M.K., Manzoor, M., Tahir, M.M., 2010. Efficiency of rhizobium inoculation and P fertilization in enhancing nodulation, seed yield, and phosphorus use efficiency by field grown soybean under hilly region of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Journal of Plant Nutrition*, 33,1080–1102.
- Abd-Alla, M.H., 1994. Phosphatases and the utilization of organic P by *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae. *Letter in Applied Microbiology*, 18, 294-296.
- Adesemoye, A.O., Kloepper, J.W., 2009. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85, 1–12.
- Akande, M.O., Adediran, J.A., Oluwatoyinbo, F.I., Makinde, E.A., Adetunji, M.T., 2008. Suitability of poultry manure amended Sokoto rock phosphate on growth, nutrient uptake and yield of chilli pepper (*Capsicum fruitscens* L) Niger. *Journal of Soil Science*,18,167–174.
- Alexander, M., 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. New Delhi: Wiley Eastern Ltd., 413-415.
- Alias, A., Usman, M., Ullah, E., Warraich, E.A., 2003. Effects of Different Phosphorus Levels on the Growth and Yield of Two Cultivars of Maize (*Zea mays* L.), *International Journal of Agriculturae Biology*, 5(4), 632-634
- Al-Karaki, G.N., 2002. Benefit, cost, and phosphorus use efficiency of mycorrhizal field-grown garlic at different soil phosphorus levels. *Journal of Plant Nutrition*, 25: 1175–1184.
- AOAC, 1990. (Association of Official Analytical Chemists-International), In: Helrich, K (Ed.), *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC.
- Araujo, M.S.B., Salcedo, I.H., Sampaio, E.V.S.B., 1993. Efeito de fertilizacoes fosfatadas anuais em solos cultivados com cana-de-acucar: I. Intensidade e formas de acumulacao. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, 17, 389–396.
- Asghar, H.N., Zahir, Z.A., Arshad, M., Khaliq, A., 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth promoting activities in *Brassica juncea*.L. *Biology and Fertility of Soil*, 35, 231-237.
- Ashrafi, V., Seiedi, M.N., 2011. Influence of Different Plant Densities and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Yield Attributes of Corn (*Zea maize* L.) *Recent Research in Science and Technology*, 3(1), 63-66
- Aziz, T., Farooq, M., Ahmed, I., Maqsood, M.A., Sabir, M., 2011. Variation in phosphorus efficiency among Brassica cultivars I: Internal utilization and phosphorus remobilization. *Journal of Plant Nutrition*, 34, 2006–2017.
- Bashan, Y., Holguin, G., 1997. *Azospireillum/plant relationship: environmental and physiological advances*, *Canadian Journal of Microbiology*, 43, 103–121.
- Bashan, Y., Kamnev, A.A., de-Bashan, L.E., 2012. Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. *Biology and Fertility of Soils*, 49, 465–479.

- Beck, M.A., Elsenbeer, H., 1999. Biogeochemical cycles of soil phosphorus in southern Alpine spodosols. *Geoderma* 91(3-4), 249-260.
- Bojinova, D., Velkova, R., Grancharov, I., Zhelev, S., 1997. The bioconversion of Tunisian phosphate using *Aspergillusniger*. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 47, 227-232
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen Total. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition.* Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition P: 597-622.
- Bridgham, S.D., Pastor, J., McLaugherty, C.A., Richardson, C.J., 1995. Nutrient-Use Efficiency: A Litterfall Index, A Model, and A Test Along A Nutrient-Availability Gradient in North Carolina Peatlands, 45, 1-21.
- Brimecombe, M.J., De Leij, F.A.A.M., Lynch, J.M., 2007. Rhizodeposition and microbial populations. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P (eds) *The rhizosphere biochemistry and organic substances at the soil-plant interface.* CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 73–109
- Brohi, A.R., Aydeniz, A., Karaman, M.R., Erşahin, S., 1994. Bitki Besleme. *Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Yay.:4 s:105-106 Tokat.*
- Chabot, R., Anton, H., Cescas, M.P., 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphatesolubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar. *phaseoli*. *Plant and Soil*, 184, 311-321.
- Chung, H., Park, M., Madhaiyan, M., Seshadri, S., Song, J., Cho, H., Sa, T., 2005. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1970-1974
- Condron, L.M., Goh, K.M., 1989. Effects of long-term phosphatic fertilizer applications on amounts and forms of phosphorus in soils under irrigated pasture. *New Zealand Journal of Soil Science*, 40, 383-395.
- Çakmakçı, R., 2002. The effect of N₂-fixing and phosphate dissolving bacterial inoculations on yield and quality of sugarbeet.. II. Şeker Pancarı Üret. Semp., Verim, Kalit. Yük., 257-270.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., 2006a. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 38 (6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., Erdoğan, Ü., 2007b. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31, 189-199.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez F., 2007a. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., Turan, M., Öztaş, T., Güllüce, M., Şahin, F., 2008. Bitki gelişimini teşvik edici bakteri ve gübre uygulamalarının buğday ve arpa gelişme ve verimi üzerine etkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8-10 Ekim 2008 Konya, 379-388.

- Çakmakçı, R., Kantar, F., Algur, Ö.F., 1999. Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 437- 442.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin, F., 2001. Effect of N₂-Fixing Bacterial Inoculations on Yield of Sugar Beet and Barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164(5), 527-531.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin, F., 2001. Effect of N₂-Fixing Bacterial Inoculations on Yield of Sugar Beet and Barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164(5), 527-531.
- Çakmakçı, R., Şahin, F., Kantar, F., 2006b. Serbest azot fikseri ve fosfat çözücü bakteri izolasyonu ve uygulamaları. Türkiye III. Organik Tarım Sempozyumu, 1-4 Kasım 2006, Yalova. Çakmakçı, R., Dönmez, F., Canbolat, M.Y., Şahin F., 2005. Sera ve farklı tarla koşullarında bitkisel gelişimi teşvik edici bakterilerin bitki gelişimi ve toprak özellikleri üzerine etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya (Araştırma sunusu Cilt I, Sayfa 45-50).
- Çakmakçı, R., Şahin, F., Kantar, F., 2006b. Serbest azot fikseri ve fosfat çözücü bakteri izolasyonu ve uygulamaları. Türkiye III. Organik Tarım Sempozyumu, 1-4 Kasım 2006, Yalova.
- Daoui, K., Karrou, M., Mrabet, R., Fatemi, Z., Draye, X., Ledent, J., 2012. Genotypic variation of phosphorus use efficiency among moroccan faba bean varieties (*Vicia faba* major) under rainfed conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 34-48.
- Dilfuza, E., 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Applied Soil Ecology*, 36, 184-189.
- Dobermann, A. R., 2005. Nitrogen Use Efficiency – State of the Art. <http://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/3161>
- Dobermann, A.R., George, T., Thevs, N., 2002. Phosphorus fertilizer effects on soil phosphorus pools in acid upland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 66 (2), 652-660.
- Ekin, Z., 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. *Afr. J. Biotech.* 9(25), 3794–3800
- El-Gizawy, N.K.B., Mehasen, S.A.S., 2009. Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365.
- Eşitken, A., Yildiz, H.E., Ercisli, S., Donmez, M.F., Turan, M., Gunes, A., 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. *Science Horticulturae*, 124, 62–66.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., 1997. Phosphorus-use efficiency by corn genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1267–1277.
- Fageria, N.K., Filho, M.P.B., 2007. Dry-matter and grain yield, nutrient uptake, and phosphorus use-efficiency of lowland rice as influenced by phosphorus fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 1289–1297.
- Fankem, H., Nwaga, D., Deubel, A., Dieng, L., Merbach, W., Etoa, F.X., 2006. Occurrence and functioning of phosphate solubilizing microorganisms from oil

- palm tree (*Elaeis guineensis*) rhizosphere in Cameroon. *African J. Biotech.* 5, 2450-2460.
- FAO, 1990. Micronutrient, assessment at the country level: an international study. FAO Soils Bulletin, Rome, pp. 63.
- FAO, 2008. The State of Food Insecurity in the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Faramarzi, A., Pourgorban, M.A., Ansari, M.H., Taghizadeh, R., 2012. The effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on the yield and yield components of grain corn (*Zea mays* L.) in Astara, Iran, *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10 (1), 299-301.
- Fernandez, M.C., Belinque, H., Boem, F.H.G., Rubio, G., 2009. Compared phosphorus efficiency in soybean, sunflower and maize. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 2027–2043.
- Gaur, A.C., 1990. Physiological functions of phosphate solubilizing micro-organisms. In: Gaur, A.C. (Ed.), *Phosphate Solubilizing Micro-organisms as Biofertilizers*. Omega Scientific Publishers, New Delhi, 16– 72.
- Gee, G.W., Hortege, K.H., 1986. Particle- Size Analysis. *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods Second Edition. Agronomy No: 9. 2. Edition pp. 383-441.
- Gerke, J., 1992. Phosphate, aluminum and iron in the soil solution of three different soils in relation to varying concentrations of citric acid. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 155, 339–343.
- Gill, M.A., Rahmatullah Salim, M., 1994. Growth responses of twelve wheat cultivars and their P utilization from Rock phosphate. *J. Agron. Crop Sci.*, 173(3-4), 204-209.
- Güneş, A., Ataoglu, N., Turan, M., Eşitken, A., Ketterings, Q.M., 2009. Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173, 385-392.
- Güzel, N., Gülüt, Y.K., Büyük, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler Ç. Ü. Ziraat Fak. Genel Yayınları No: 246 Ders Kitapları Yayın No: A-80 s: 654 Adana.
- Gyaneshwar, P., Kumar, N.J., Pareka, L.J., Podle, P.S., 2002. Role of Soil Microorganisms in Improving P Nutrition of Plants. *Plant and Soil*, 245(1), 83-93.
- Halder, A.K., Mishra, A.K., Bhattacharyya, P., Chakrabarty, P.K., 1990. Solubilization of rock phosphate by *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*. *Journal of General and Applied Microbiology*, 36, 81–92.
- Hameeda, B., Harini, G., Rupela, O.P., Wani, S.P., Reddy, G., 2008. Growth promotion of maize by phosphate solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. *Microbiological Research*, 163, 234–242.
- Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghan-shoar, M., Malakuti, M.J., Asgharzadeh, A., 2008. The effects of application of plant growth promoting rhizobacteria (PGRP) on the Yield of fodder maize (*Zea mays* L.). *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 70, 16-22.
- Hassanzadeh, E., Mazaheri, D., Chaichi, M.R., Khavazi, K., 2006. Efficiency of phosphorus solubilizing bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and

- yield components of barley cultivar. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*, 77, 111-118.
- He, Z.L., Bian, W., Zhu, J., 2002. Screening and identification of microorganisms capable of utilizing phosphate adsorbed by goethite. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, 33, 647-663.
- Hedley, M.J., Stewart, J.W.B., Chauhan, B.S., 1982a. Changes in inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 970-976.
- Hedley, M.J., White, R.E., Nye, P.H., 1982b. Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. emerald) seedlings: 3. Changes in *L* value, soil phosphate fractions and phosphatase activity. *New Phytologist* 91(1), 45-56.
- Helal, M.H., Dressler, A., 1989. *Z. Pflanzenernahr Bodek* 152, 175-180.
- Hoberg, E., Marschner, P., Lieberei, R., 2005. Organic acid exudation and pH changes by *Gordonia* sp. and *Pseudomonas fluorescens* grown with P adsorbed to goethite. *Microbiological Research*, 160, 177-187.
- Hu, X., Roberts, D.P., Xie, L., Maul, J.E., Yu, C., Li, Y., Zhang, S., Liao, X., 2013. Development of a biologically based fertilizer, incorporating *Bacillus megaterium* A6, for improved phosphorus nutrition of oilseed rape. *Canadian Journal of Microbiology*, 59, 231e236.
- Hussein A.H.A., 2009. Phosphorus Use Efficiency by Two Varieties of Corn at Different Phosphorus Fertilizer Application Rates. *Research Journal of Applied Sciences*, 4, 85-93.
- Hussein, M.I., Asghar, N.H., Akhtar, J.M., Arshad, M., 2013. Impact of phosphate solubilizing bacteria on growth and yield of maize. *Soil and Environment* 32 (1):71.
- Ivanova, R., Bojinova, D., Nedialkova, K., 2006. Rock Phosphate Solubilization By Soil Bacteria, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 41 (3), 297-302.
- Jakobsen, I., Leggett, M.E., Richardson, A.E., 2005. Rhizosphere microorganisms and plant phosphorus uptake. In: Sims JT, Sharpley AN (eds) *Phosphorus, agriculture and the environment*. American Society for Agronomy, Madison, pp. 437-494.
- Javed, M., Arshad, M., Ali, K., 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. *Pakistan Journal of Soil Science*, 14, 36-42.
- Jeschke, W., Kirkby, E., Peuke, A., Pate, J., Hartung, W., 1997. Effects of P efficiency on assimilation and transport of nitrate and phosphate in intact plants of castor bean (*Ricinus communis* L.). *J Exp Bot.* 48, 75-91.
- Jilani, G., Akram, A., Ali, R.M., Hafeez, F.Y., Shamsi, I.H., Chaudhry, A.N., Chaudhry, A.G., 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizosphere microflora through organic and biofertilizers. *Annals Microbiology*, 57, 177-183.
- John, M.K., Chuah, H.H., Neufeld, J.H., 1975. Application of improved azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. *Analytical Letters*, 8, 559-568.
- Jones, D.L., 1998. Organic acids in the rhizosphere: A critical review. *Plant Soil*, 205, 25-44.

- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki analizleri. Ank. Üniv.Basımevi, Ankara pp. 646.
- Kapri, A., Tewari, L., 2010. Phosphate solubilization potential and phosphatase activity of rhizospheric *Trichoderma* spp. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(3), 787-795.
- Karaçal, İ., Tüfenkçi, Ş., 2010. Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi, VII Teknik Kongresi tarım haftası 2010, 11-15 Ocak 2010, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, pp. 257-268.
- Karakurt, H., Aslantaş, R., Özkan, G., Güler yüz, M., 2009. Effects of indol-3-butyric acid (IBA), plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and carbohydrates on rooting of hardwood cutting of MM106 Apple rootstock. *African Journal of Agricultural Research*, 4(2), 060-064.
- Karaman, M.R., Kandemir, N., Şahin, S., Çoban, S., 2010. Strategies to select genetical variations of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars for agronomic zinc utilization characters . *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8 (2), 395-399.
- Khan, A.A., Jilani, G., Akhtar, M.S., Naqvi, S.M.S., Rasheed, M., 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production, *Journal of Agriculture and Biological Science*, 1(1), 48-58.
- Khan, K.S., Joergensen, R.G., 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. *Bioresource Technology*, 100, 303-309.
- Khan, M.R., Talukdar, N.C., Thakuria, D., 2003. Detection of *Azospirillum* and PSB in rice rhizosphere soil by protein and antibiotic resistance profile and their effect on grain yield of rice. *Indian Journal of Biotechnology*, 2, 246-250.
- Kim, K.Y., Jordan, D., McDonald, G.A., 1989. Effect of phosphate-solubilizing bacteria (PSB) and VAM on tomato growth and soil microbial activities. *Biology of fertility Soils*, 26, 79-87.
- Kloepper, J.W., Leong, L., Schroth, M.N., 1980b. Enhanced plant growth by siderophores produced by PGPR. *Nature*, 268, 885-886.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., Miller, T.D., 1980a. Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology*, 70, 1078-1082.
- Korkmaz, K., 2005. Kireçli toprakların fosfor durumlarının belirlenmesi ve fosfor uygulamasının mısır verimine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, 126s, Adana.(Doktora tezi)
- Kucey, R.M.N., Janzen, H.H., Leggett, M.E., 1989. Microbial mediated increases in plant available phosphorus. *Advances in Agronomy*, 42, 199-228.
- Lindsay, W.L., Norwell, W.A., 1978. Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of America Proceedings*, 33. 49-54.
- Machado, C.T.T., Furlani, A.M.C., 2004. Root Phosphatase Activity, Plant Growth And Phosphorus Accumulation of Maize Genotypes *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 61(2), 216-223,
- Macklon, A.E.S., Grayston, S.J., Shand, C.A., Sim, A., Sellars, S., Ord, B.G., 1997. Uptake and transport of phosphorus by *Agrostis capillaris* seedlings from

- rapidly hydrolysed organic sources extracted from ³²P-labelled bacterial cultures. *Plant and Soil*, 190, 163-167.
- Mahfouze, S.A., Sharafeldin, M.A., 2007. Effect of mineral biofertilizer of growth yield and essential oil content of fennel. *International Agrophysics*, 21, 361-366.
- Masood, A., Gul, R., Munsif, F., Jalal, F., Hussain, Z., Noreen, N., Khan, H., Din, N., Khan, H., 2011. Effect Of Different Phosphorus Levels on The Yield and Yield Components of Maize, *Sarhad Journal of Agriculture* 27(2), 167-170.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition pp. 199-224.*
- Mehrvarz, S., Chaichi, M.R., Alikhani, H.A., 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barley (*Hordeum vulgare* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(6), 855-860.
- Mertens, D., 2005a. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. *Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp1-2, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.*
- Mertens, D., 2005b. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis, 18th edn. Horwitz, W., and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.*
- Mimura, T., Sakano, K., Shimmen, T., 1996. Studies on the distribution, re-translocation and homeostasis of inorganic phosphate in barley leaves. *Plant Cell Environ*, 19, 311–320.
- Naik, P.R., Raman, G., Narayanan, K.B., Sakthivel, N., 2008. Assessment of genetic and functional diversity of phosphate solubilizing *fluorescent pseudomonads* strain from rhizospheric soil. *B.M.C. Microbiology*, 8- 230.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic Matter. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition pp. 574-579.*
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. . *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition pp. 191-197.*
- Oberson, A., Joner, E.J., 2005. Microbial turnover of phosphorus in soil. In: Turner BL, Frossard E, Baldwin DS (eds) *Organic phosphorus in the environment*. CABI, Wallingford, UK, pp. 133–164
- Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition pp. 403-427.*
- Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., Şahin, F., 2006. Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae*, 111, 38-43.
- Ozgul, M., Turan, M., Ketterings, Q.M., 2007. Short and long-term phosphorus availability in four soil orders under indigenous vegetation in Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 57(4), 357-364.

- Öztürk, A., Çağlar, O., Şahin, F., 2003. Yield Response of Wheat and Barley to Inoculation of Plant Growth Promoting Rhizobacteria at Various Levels of Nitrogen Fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166, 262-266.
- Pal, S.S., 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil*, 198, 169-177.
- Pal, S.S., 1999. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops. *Plant Soil*, 213, 221-230.
- Perveen, S., Khan, M.S., Zaidi, A., 2002. Effect of rhizospheric microorganisms on growth and yield of greengram (*Phaseolus radiatus* L.). *Indian Journal of Agriculture Science*, 72, 421-423
- Raghothama, K.G., 1999. Phosphate Acquisition. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 665-693.
- Rahman, M.K., Kabir, S.M., Mohsin, G.M., Alam, M.D., 2006. Interaction of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and phosphorus on growth and nutrient uptake of maize plants grown under different soil conditions. *Bangladesh Journal of Botânica*, 35, 1-7.
- Rajan, S.S.S., Watkinson, J.H., Sinclair, A.G., 1996. Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances Agronomy*, 57, 78-160.
- Reyes, I., Bernier, L., Antoun, H., 2002. Rock phosphate solubilization and colonization of maize rhizosphere by wild and genetically modified strains of *Penicillium rugulosum*. *Microbial Ecology*, 44, 39-48.
- Reyes, I., Brnir, L., Simard, R., Antoun, H., 1999. Characteristics of phosphate solubilization by an induced mutants. *FEMS Microbiology Ecology*, 23, 291-295.
- Rhoades, J.D., 1982a. Cation Exchange Capacity . *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition pp. 149-157.*
- Rhoades, J.D., 1982b. Exchangeable Cations. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition pp. 159-164.*
- Richardson, A.E., 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian Journal of Plant Physiology* 28, 897-906.
- Richardson, A.E., George, T.S., Hens, M., Simpson, R.J. 2005. Utilization of soil organic phosphorus by higher plants. In: Turner BL, Frossard E, Baldwin DS (eds) *Organic phosphorus in the environment*. CABI, Wallingford, UK, pp. 165-184
- Rodriguez, H., Fraga, R., 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17, 319-339.
- Rodriguez, H., Gonzales, T., Goire, L., Bashan, Y., 2004. Gluconic acid production and phosphate solubilization by the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. *Naturwissenschaften*, 91, 552-555.
- Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour-Mohammadi, G., Majidi, E., 2004. Influence of plant growth promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(2), 253-257.

- Saber, M.S.M., 2001. Clean Biotechnology for sustainable farming. *Engineering in Life Science*, 1, 217-223.
- Sahrawat, K.L., Jones, M.P., Diatta, S., 1997. Direct and residual fertilizer phosphorus effects on yield and phosphorus efficiency of upland rice in a Ultisol. *Nutrient Cycling Agroecosystem*, 48, 209–215.
- Salehrastin, N., 1999. Biological Fertilizers. *Scientific Journal of Soil and Water*. 12:3.
- Sarapatka, B., 2003. Phosphatase activities (ACP, ALP) in agroecosystem soil. Ph.D Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. Sweden
- Schachtman, D.P., Reid, R.J., Ayling, S.M., 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology*, 116, 447-453.
- Schmidt, J.P., Buol, S.W., Kamprath, E.J., 1996. Soil phosphorus dynamics during seventeen years of continuous cultivation: fractionation analyses. *Soil Science Society of America Journal*, 60, 1168–1172.
- Seeling, B., Zasoski, R.J., 1993. Microbial effects in maintaining organic and inorganic solution phosphorus concentrations in a grassland topsoil. *Plant Soil*, 148, 277–284.
- Sharifi, R.S., Khavazi, K., Gholipouri, A., 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*, 1(3), 076-083.
- Sharma, A.K., 2002. Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications, pp. 456.
- Sharpley, A.N., 1985. Depth of surface soil-runoff interaction as affected by rainfall, soil slope and management. *Soil Science Society American Journal*, 49, 1010-1015.
- Shenoy, V.V., Kalagudi, G.M., 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotechnology Advances*, 23, 501–513
- Singh, K.K., Srinivasarao, C.H., Ali, M., 2005. Root growth, nodulation, grain yield, and phosphorus use efficiency of lentil as influenced by phosphorus, irrigation, and inoculation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36, 1919–1929.
- Smith, F.W., 2002. The Phosphate Uptake Mechanism. *Plant and Soil*, 245, 105-114
- SPSS, 2004. SPSS 13.0 for Windows Evaluation version. (SPSS Inc., Illinois, USA).
- Stamford, N.P., Santos, P.R., Santos, C.E.S., Freitas, A.D.S., Dias, S.H.L., Lira, Jr. M.A., 2007. Agronomic effectiveness of biofertilizers with phosphate rock, sulphur and *Acidithiobacillus* for yam bean grown on a Brazilian tableland acidic soil. *Bioresource Technology*, 98, 1311–1318.
- Ström, L., Owen, A.G., Godbold, D.L., Jones D.L., 2001. Organic acid behavior in a calcareous soil: Sorption reactions and biodegradation rates. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 2125–2133.
- Ström, L., Owen, A.G., Godbold, D.L., Jones, D.L., 2002. Organic acid mediated P mobilization in the rhizosphere and uptake by maize roots. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 703–710.
- Sudha, S.N., Jayakumar, R., Sekar, V., 1999. Introduction and expression of the cry1Ac gene of *Bacillus thuringiensis* in a cereal associated bacterium, *Bacillus polymyxa*. *Current Microbiology*, 38, 163-167.

- Sundara, B., Natarajam, V., Hari, K., 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. *Field Crops Research*, 77, 43-49.
- Syers, J.K., Johnston, A. E., Curtin, D., 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. *Fao fertilizer and plant nutrition bulletin* 18.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar, F., 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 265, 123–129.
- Tahir, M., Faiz, N., Nadeem, M.A., Khalid, F., Ali, M., 2009. Effect of different chelated zinc sources on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Environmental Journal*, 28(2), 179-183.
- Tarafdar, J.C., Rao, A.V., Bala, K., 1988. Production of phosphatases by fungi isolated from desert soils. *Folia Microbiology*, 33, 453- 457.
- Tiessen, H., Stewart, J.W.B., Cole, C.V., 1984. Pathways of phosphorus transformation in soils of differing pedogenesis. *Soil Science Society of America Journal*, 48, 853 - 858.
- TOVEP, 1991. Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü ve dayanıklılık ıslahı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9, 193-204.
- Trolove, S.N., Hedley M.J., Kirk G.J.D., Bolan, N.S., Loganathan, P., 2003. Progress in selected areas of rhizosphere research on P acquisition. *Australian Journal of Soil Research*, 41, 471-499.
- Turan, M., Ataoglu, N., Sahin, F., 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28, 99-108.
- Turan, M., Ataoglu, N., Sahin, F., 2007a. Effects of *Bacillus* FS-3 on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and availability of phosphorus in soil. *Plant Soil and Environment*, 53(2), 58-64.
- Turan, M., Horuz, A., 2012. Bitki beslemenin temel ilkeleri. *Bitki Besleme*. Ed. M.R. Karaman. pp. 123-345 ISBN 978-605-87103-2-0
- Turan, M., Özgül, M., Kocaman, A., 2007b. Freezing tolerance affected by mineral application during cold-acclimated conditions in some cool crop seedlings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(7-8), 1047-1060.
- Vassilev, N., Vassileva, M., Fenice, M., Federici, F. 2001. Immobilized cell technology applied in solubilization of insoluble inorganic rock phosphates and P plant acquisition. *Bioresource Technology*, 79, 263-271.
- Wagar, B.J., Stewart, J.W.B., Moir, J.O., 1986. Changes with time in the form and availability of residual fertilizer phosphorus on chernozemic soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 66 (1), 105-119.
- Wani, P.A., Khan, M.S., Zaidi, A., 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field grown chickpea. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 283-287.
- Wasonga C.J., . Sigunga D.O and Musandu A.O. 2008. Phosphorus requirements by maize varieties in different soil types of Western Kenya. *African Crop Science Journal*, 16(2), 161 – 173

- Whitelaw, M.A., 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Advances Agronomy*, 69, 99-151.
- Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., 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
- Yang, J.E., Jones, C.A., Kim, H.J., Jacobsen, J.S., 2002. Soil Inorganic Phosphorus Fractions and Olsen-P in Phosphorus-Responsive Calcareous Soils: Effects Of Fertilizer Amount And Incubation Time, *Communications Soil Science and Plant Analyses*, 33(5-6), 855–871
- Yaseen, M., Malhi, S.S., 1999. Variation in Yield, Phosphorus Uptake, and Physiological Efficiency of Wheat Genotypes at Adequate and Stress Phosphorus Levels in Soil, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40, 3104–3120, 2009
- Yaseen, M., Sohail, M., Mahmood, R., Hussain, S.A., Rahim, A., Ahmad, W., Saif, R.K., 1998. Phosphorus use efficiency in wheat genotypes: II. Chemical composition. *Pakistan Journal of Life Society and Science*, 2, 159-162.
- Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., Esmaili, M.A., 2009. Effect of Phosphate Solubilization Microorganisms (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.), *International Journal of Biological and Life Sciences*, 5 (2), 80-82.
- Yıldız, N., 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. ISBN:978-605-62759-0-6.
- Zafar-ul-Hye, M., Zahir, Z.A., Shahzad, S.M., Naveed, M., Arshad, M., Khalid, M., 2007. Preliminary screening of rhizobacteria containing ACC deaminase for promoting growth of lentil seedlings under axenic condition. *Pakistan Journal of Botany*, 39, 1725-1738.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., Khalid, A., 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*, 15, 7-11.
- Zaida, A., Khan, M.S., Amil, M.D., 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19, 15–21.
- Zaidi, A., Khan, M.S., 2005. Interactive effect of rhizospheric microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 2079-2092.

ÖZGEÇMİŞ

Erzurum ilinin Güzelova mahallesinde 06.10.1982 tarihinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum'da tamamladı. 2000 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Programında lisans eğitimime başladı ve 2004 yılında Toprak Anabilim Dalından mezun oldu. 2004-2008 yılları arasında, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini bitirdi ve 2008 yılında aynı anabilim dalında doktora programına başladı. Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde 2008 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.