

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**MİKORİZA VE PGPR İLE NANO FOSFOR GÜBRE
UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN VERİM VE
VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ**

**Hazırlayan
IMAD KHORSHEED MOHAMMED MOHAMMED**

**Danışman
Doç. Dr. Adem GÜNEŞ**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2021
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**MİKORİZA VE PGPR İLE NANO FOSFOR GÜBRE
UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN VERİM VE
VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
IMAD KHORSHEED MOHAMMED MOHAMMED**

**Danışman
Doç. Dr. Adem GÜNEŞ**

**Temmuz 2021
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı : IMAD KHORSHEED MOHAMMED MOHAMMED

İmza :

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“MİKORİZA VE PGPR İLE NANO FOSFOR GÜBRE UYGULAMALARININ MİSİR BİTKİSİNİN VERİM VE VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

IMAD KHORSHEED MOHAMMED

MOHAMMED

Danışman

Doç. Dr. Adem GÜNEŞ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Osman SÖNMEZ

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu araştırmayı tamamladığım için Yüce Allah'a şükrederim.

Çalıştığım süre zarfında bana her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan, farklı bakış açısı ve bilimsel katkılarıyla beni yönlendiren,yüksek tevazu ve hoşgörü sahibi kıymetli hocam Doç. Dr. Adem GÜNEŞ 'e teşekkürü borç bilirim.

Laboratuvar çalışmalarımnda karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarını esirgemeyen Öğretim Üyesi Dr. Oğuzhan Uzun'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen Doç.Dr.Serkan ŞAHAN'a teşekkür ederim.

IMAD KHORSHEED MOHAMMED MOHAMMED

MİKORİZA VE PGPR İLE NANO FOSFOR GÜBRE UYGULAMALARININ MİSİR BİTKİSİNİN VERİM VE VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

IMAD KHORSHEED MOHAMMED MOHAMMED

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2021
Danışman: Doç. Dr. Adem GÜNEŞ

ÖZET

İnsanoğlunun temel gereksinimlerini karşılamada beslenme olgusu çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda tarımsal faaliyetler ülkemizin vazgeçilmez unsurlarındandır. Ancak, tarım alanında bazı önemli sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bunlardan en önemlileri tarımsal girdi maliyetlerinde en büyük payı oluşturan gübre maliyetlerinin yüksek olması ve gübre kullanım bilincinin yeterince gelişmemesidir. Sonuçta, girdi maliyetleri ürün fiyatlarına olumsuz etki etmekte ve bilinçsiz gübre kullanımı ise verimi ve ürün kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Bunların yanı sıra toprakların verimliliğinin kaybetmesi ve çevreye yansıyan olumsuz etkiler de karşılaşılan diğer sorunlar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada, organik tarım uygulamaları kapsamında bitki gelişimini teşvik eden rhizobakterilerin mısır bitkisinin verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, alan deneyi (field experiment) şeklinde gerçekleştirilmiş nicel bir çalışmadır. Bu doğrultuda çalışmada, sera şartlarında mısır bitkisi yetiştirilmesine yönelik mikoriza olarak Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) ve PGPR bakterilerinin olarak *Bacillus megaterium* M3 ve *Bacillus subtilis* nano fosfor uygulanan topraklardaki etkileri incelenmiştir. Araştırmada, mısır bitkisine farklı dozlarda gübre, mikoriza, PGPR bakterileri içeren bitki gelişim maddeleri uygulanmıştır. Bitkinin verim ve kalite parametreleri ile toprak içerikleri laboratuvar incelemesine tabii tutulmuştur. Araştırmanın uygulama aşaması Kayseri İlinde bulunan Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarları Uygulama Bahçesinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sonunda, bakteri ve mikoriza uygulamalarının bitkinin N ve organik madde içeriği üzerinde olumsuz, fosfor ve klorofil değerleri üzerinde ise olumlu etkilerinin olduğu, bitkinin boy, ağırlık ve gövde genişliğini içeren verim parametreleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Toprak parametrelerine yönelik, hem

Nanofosfor hemde DAP uygulamalarında doz artışıyla birlikte toprağın pH ve kireç değerinde düşüş, EC değerinde ise artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, bakteri ve mikoriza uygulamasının birlikte yapılmasının da bitki verimi üzerinde olumsuz etkisinin olduğu, bakterilerin ve mikorizaların ayrı ayrı uygulanmasının daha etkili sonuçlar doğurduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikoriza, PGPR, Fosfor, Mısır Bitkisi



**THE EFFECTS OF MICORIZATION AND PGPR AND NANO PHOSPHORUS
FERTILIZER APPLICATIONS ON YIELD AND YIELD PARAMETERS OF
CORN PLANT**

IMAD KHORSHEED MOHAMMED MOHAMMED

**Erciyes University, Institute of Science
Master Thesis, August 2021
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Adem GÜNEŞ**

ABSTRACT

Nutrition occupies an important place in meeting the basic needs of human beings. Agricultural activities applied in this context are indispensable elements of our country. However, some key issues are encountered in the field of agriculture. The most important of these are the high costs of fertilizers, which constitute the largest share in agricultural input costs, and the lack of awareness of fertilizer use. Eventually, input costs negatively affect product prices, and unconscious use of fertilizer cause deterioration of yield and product quality. In addition to these, the loss of the fertility of the soils and the negative effects reflected on the environment are among the other problems encountered.

This study, it was aimed to determine the effects of rhizobacteria promoting plant growth within the scope of organic farming practices on yield and quality parameters of corn plants. The study is a quantitative study carried out in the form of a field experiment. In this direction, the effects of mycorrhiza and PGPR bacteria on nano-phosphorus applied soils for simulating the cultivation of corn plants in greenhouse conditions were examined. In the study, different doses of fertilizers and plant growth materials containing mycorrhiza and PGPR bacteria were applied to the corn plant and the yield and quality parameters and soil contents of the plant were subjected to laboratory examination. The application phase of the research was carried out in the Erciyes University Faculty of Agriculture Laboratories Application Garden in Kayseri. At the end of the study, it was determined that bacteria and mycorrhiza applications had negative effects on the N and organic matter content of the plant, and positive effects on the phosphorus and chlorophyll values, and positive effects on the yield parameters including height, weight and stem width of the plant. For soil parameters, it was determined that pH and lime value of soil decreased and EC value increased with dose

increase in both nano-phosphorus and DAP applications. In addition, in the study, it has been determined that the application of bacteria and mycorrhiza together has a negative effect on the yield of the plant, and the separate application of bacteria and mycorrhiza has more effective results.

Keywords: Mycorrhiza, PGPR, Phosphorous, Corn Plant



İÇİNDEKİLER

MİKORİZA VE PGPR İLE NANO FOSFOR GÜBRE UYGULAMALARININ MISIR BİTKİSİNİN VERİM VE VERİM PARAMETRELERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK	iii
ONAY	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	x
TABLO LİSTESİ	xii
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

KAYNAK ÖZETLERİ

1.1. Ektomikoriza	12
1.2. Endomikoriza	12
1.3. Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rhizobakteriler (PGPR).....	18
1.4. Fosfor	24
1.5. Nano Gübreler	26
1.5.1. Nano gübrelerin avantajları	27
1.5.2. Nano gübrelerin dezavantajları	28
1.6. Diğer Yapılan Çalışmalar	32

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal	37
2.1.1. Araştırma Yerinin Konum Özellikleri	37
2.1.2. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri.....	37

2.1.3. Araştırma Bitkisinin Özellikleri	38
2.1.4. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Materyallerin Özellikleri	38
2.2. Yöntem	39
2.2.1 Kültürel İşlemler	40
2.2.2. Araştırmada İncelenen Özellikler	45

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIşMA

3.1. Uygulamaların Mısır Bitkisinin Verim ve Kalite Parametreleri Üzerindeki Etkileri	49
3.2. Uygulamaların Mısır Bitkisinin Yaprak Besin Element İçeriği Üzerindeki Etkileri	53
3.3. Uygulamaların Toprak Parametreleri Üzerindeki Etkileri	58
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİş.....	78

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Ağırlıkları (gr).....	49
Tablo 3.2.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Boy Uzunlukları (cm).....	50
Tablo 3.3.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Klorofil Değerleri (SPAD).....	51
Tablo 3.4.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Gövde Genişliği Değerleri (mm)	51
Tablo 3.5.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Kuru Kök Ağırlığı Değerleri (gr)	52
Tablo 3.6.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Kök Boyu Değerleri (cm)	53
Tablo 3.7.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Azot N Değerleri (mg/kg)	54
Tablo 3.8.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Fosfor P Değerleri (ppm)	55
Tablo 3.9.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Potasyom K Değerleri (ppm).....	55
Tablo 3.10.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Kalsiyum Ca Değerleri (ppm).....	56
Tablo 3.11.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Kükürt S Değerleri (ppm)	57
Tablo 3.12.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Magnezyum Mg Değerleri (ppm).....	58
Tablo 3.13.	Uygulama Sonucunda Toprağın pH Değerleri	58
Tablo 3.14.	Uygulama Sonucunda Toprağın EC Değerleri mmhos/cm	59
Tablo 3.15.	Uygulama Sonucunda Toprağın Kireç Değerleri	60
Tablo 3.16.	Uygulama Sonucunda Elde Edilen Toprağın Fosfor Değerleri (ppm)....	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. AM Fungusları Karakterize Eden Özellikler	13
Şekil 2. Mısır Bitkisinin Saksıda Filizlendirilmesi İşlemi	39
Şekil 3. Toprağın Hazırlanması.....	40
Şekil 4. Saksıların Hazırlanması	40
Şekil 5. Toprak, Gübre ve Bakterilerin Karıştırılması	41
Şekil 6. Mikoriza.....	42
Şekil 7. Tohumlama ve Sulama İşlemi	42
Şekil 8. Çimlenme İşlemi.....	43
Şekil 9. Seyreltme İşlemi	43
Şekil 10. PGPR Bakterisi	44
Şekil 11. PGPR Bakterisi Ekleme İşlemi.....	44
Şekil 12. Hasat İşlemi	44
Şekil 13. Ağırlık Tartım İşlemi	45
Şekil 14. Kök Uzunluğunun Ölçümü.....	45
Şekil 15. Kök Uzunluğunun Tartılması	46
Şekil 16. Nano Fosfor (NF) SEM görüntüleri.....	48

KISALTMALAR

AMF	: Arbüsküler Mikorizal Funguslar
B	: Bor
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
PGPR	: Bitki gelişimini düzenleyici bakteriler
Zn	: Çinko

GİRİŞ

Tarım ülkesi olarak tanınan Türkiye, bitki besin elementleri bakımından oldukça farklı özellikler gösteren toprakları barındırmaktadır. Genel olarak ülke toprakları azot ve fosfor bakımından fakir olup, potasyum bakımından zengindir. Bazı besin elementlerinin ise bitki tarafından alınabilir miktarlarında önemli eksiklikler görülmektedir. Yapılan yanlış ve bilinçsiz tarımsal faaliyetlere bağlı olarak, topraklardaki besin element yarıyışsızlık düzeyleri artış gösterebilmektedir.

Bir toprağın birim alanından daha çok verim alabilmek için farklı tarım teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknikler içinde en çok modern sulama yöntemleri, ıslah edilmiş kaliteli tohum kullanımı, gübreleme ve makineleşme uygulamaları gibi girdiler ön plana çıkmaktadır. Etkin sulama, yüksek verime neden olan kaliteli tohumların ıslah edilmesi, tarımsal ilaçlar ve gübre girdileri tarım alanında verimlilik ve kaliteyi arttırabilmiştir. Tarım üretiminde verimin yükselmesi için gerçekleşen yoğun girdi ile beraber, sürdürülebilirlikte aksine bir gerileme meydana gelmiş ve bu olay öncelikle bitki besin elementleri eksikliğine yol açmıştır. Bunun yanında toprakta bulunan biyolojik ve kimyasal bileşenler ilk sıralarda gelmek üzere tarımsal üretimdeki verim ve toprakta bulunan mikroorganizmalar olumsuz etkilenmiştir (Bolat, 2006).

Türkiye topraklarında verimin sınırlandırılmasına neden olan elementlerden en başında fosfor ve azot gelmektedir. Fosfor ve azotun toprağa gerek organik olmayan gerekse de organik gübre şeklinde veya biyolojik yollarla karıştırıldığı bilinmektedir. Özellikle kimyasal gübre kullanımının üretim maliyetleri ve zararlı etkileri oldukça fazla tartışılan bir konudur. Bitkinin büyüebilmesi ve gelişimi için ihtiyaç olan besinleri içinde barındıran ve doğal olmayan kimyasal gübreler tarımda verimi artırsa da, bunların yanlış kullanımı ve yoğun uygulanması insanların ve doğal yaşamın sağlığını tehdit etmektedir.

Bu noktada biyolojik yöntemlerle söz konusu besinlerin bitkilerin faydasına kullanılması, oldukça doğal ve ekonomik bir teknik şeklinde ifade edilmektedir. Son senelerde gerçekleşen bilimsel çalışmalarda bitkilerin besininin bitki kökleriyle birlikte çoğunlukla mikoriza (bazı bitkilerin kökleriyle ortak yaşam, simbioz ilişkisi geliştirmiş olan mantarlara verilen isim) adı verilen ve mikroskopla teşhis edilebilen, oldukça büyük oranlarda uzun, dallanma gösteren iplikli bir mantar yapısı oluşturan mantar türleri vasıtasıyla alındığı saptamıştır (Ortaş vd 1996). Ayrıca organik tarımda gerçekleştirilen araştırmalar, tarım yapılan toprağın türü ve biyolojik niteliklerine göre, toprakta var olan mikorizalar veya bitki gelişimini düzenleyebilen diğer bakteriler tarafından, kullanışsız formdaki fosforun bitkilerin gelişimini destekleyecek bir forma çevirdiklerini göstermektedir. Mikorizalar, bir takım uyumlu bitki türleri ile karşılıklı bir yaşam şekli geliştirebilmiş olan mantarlar olarak ifade edilmektedir (Smith ve Read, 2008). Mikorizal funguslar bitkilerle simbiyoz bir yaşam sürerek bitkilerin topraktan edinmeyeceği büyüklükte ve biçimdeki beslenme elementlerini (başta fosfor) miselleri ile birlikte bitkilere aktarmaktadır (Palta vd 2010).

Bitkinin gelişmesine yardımcı olan bakteriler (Plant Growth Promoting Rhizobacteria=PGPR) ise; *Azotobacterium*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* ve *Rhizobium* gibi türlere ait bazı cinslerden oluşur ve köklerde yaşayan tüm bakterilerin sadece %1-2'sini oluştururlar (Adesemoye vd 2008). PGPR'lerin atmosferdeki azotu bağlayarak, çözünmez şekildeki fosforu serbest hale getirerek, suyun alınmasını ve bitkisel fitohormon üretimine katkı sağlayarak bitkinin büyümesini ve verimini yükselttikleri görülmüştür (Misra vd 2010).

Adı geçen bu bakteriler toprak içinde ve özellikle bitkinin kök kısmında fosfataz enzimi salgılayıp bitkinin alabileceği fosfor oranını artırabilirler. Ayrıca, PGPR ile toprak kökenli patojenler baskılanıp, kuraklık ve tuzluluk gibi abiyotik stres şartlarına dayanım artırılır. Doğal şartlarda yaşamakta olan bu toprak bakterileri bitkinin rizosfer kısmında kolonize olup bitki ile simbiyotik bir ilişki içine girerek bitki gelişimine yardımcı olmaktadır. Birçok bitki türünde PGPR ile gerçekleşen çalışmalarda, bakterilerin salgıladıkları organik asitler (oksalik, laktik ve sitrik asit) ve alkalın fosfotaz enzimi ile toprakta bağlı olan fosforun çözünerek bitkisel gelişime ve verimi artırmaya neden oldukları belirlenmiştir (Güneş vd 2013).

PGPR birçok tarımsal ürünün erken çimlenme ve çiçeklenme, bitki boyu, ağırlığı, sürgün dokularının gelişimi, klorofil oranında artış, besin içeriğinin dengelenmesi gibi birçok mekanizma ile bitki gelişimini de olumlu olarak etkilediği gözlenmektedir. PGPR, azot fiksasyonunu çoğaltır, fosfor, kükürt, demir gibi diğer bitki besin maddelerinin alımını kolaylaştırır. Bu yararlı bakteriler; ayrıca fungal ve bakteriyel sorunları kontrol altına almak ve böcek gibi zararlıları uzaklaştırmakta da kullanılmaktadır (Saharan ve Nehra 2011).

Tüm toplumlardaki nüfus artışları beslenme, üretim ve enerjiye olan talebi de artırmıştır. Bu artan talepleri giderebilmek için tarımdaki üretimin artırılması büyük bir mecburiyettir. Genel olarak Türkiye'deki toprakların hafif alkali (pH 7.5-7.8) özellikte olması sebebi ile topraklarda bitki besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasının mekanizması oldukça önemlidir. Söz konusu alkaliliğin etkisinin düşürülmesi bitkilerin daha sağlıklı bir gelişim gösterebilmesi için önemlidir. Minerallerin ayrıştırılarak bitkilerin fazlaca element alması ve daha çok gelişim göstermesini kolaylaştırmak için fosfor elementinin ve fosfor alımının önemli işlevler görebildiği bilinmektedir (Karaca, 2008).

Fosfor, bitkilerin daha çok gelişmesini sağlamaktadır. Fakat fosfor alımının artışı ile bitkinin kuru maddesindeki içeriği her zaman doğru orantılı olmayabilir (Yibirin vd 1996). Dolayısıyla fazlaca gelişme görülen bir bitkinin daha az gelişmiş bitkilere göre bitki kuru maddesinde fazlaca fosfor bulunması söz konusu olmayabilir.

Nüfustaki artış enerji, üretim ve beslenme taleplerinin de doğru oranda artmasına neden olmaktadır. Arz talep dengesini kurabilmek için için tarımsal üretimin de artırılması gerekmektedir. Bu amaçla tarımdaki üretimin olmazsa olmazı toprağın; topraktan kaynaklanan hastalıkların engellenmesi, işlenmesi, gübrenmesi, sulanması gibi faaliyetlerin olduğu önlemler ile verimli hale getirme araştırmaları yapılmaktadır. Bu doğrultuda bitkiler tarafından oldukça ihtiyaç olan elementlerin toprağa ilavesi, gübreleme teknikleri, bakteriler ve mantarlar ile çalışmalar oldukça popüler hale gelmiştir (Sönmez vd 2008).

İnorganik kimyasal gübreler, bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli besin maddelerini sağlamasının ve veriminin artmasına katkıda bulunmasının yanında bu gübrelerin bilinsiz ve çok fazla kullanılması nedeniyle çevre ve insan sağlığı

bakımından olumsuz sonuçlara yol açabilir. Son zamanlarda çevre dostu tarım uygulamalarından bazıları, bitkilerin besin maddesi alınımını, gelişimini, biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanımını arttıran kök bölgesinde serbest veya ortakyaşam gösteren bakterileri, ekto ve endomikorizaları ve daha birçok faydalı mikroorganizmayı kapsar (Bozdoğan, 2019).

Mantar-kök faaliyeti fazlaca fosfor gübrelemesi nedeniyle azalmaktadır (Lambert ve ark., 1979). Fosfor gübre uygulaması mantar-kök ile kök hastalığı oranının düşmesiyle birlikte hastalıkta gecikmeye yol açtığı da bilinen bir gerçektir. Bu anlamda fosfor uygulamasının mantar-kök ve PGPR'nin verim üzerinde sağlayacağı katkıyı incelemek büyük önem teşkil etmektedir.

Organik tarım alanında yapılan çalışmalar, tarım yapılan toprak türü ve toprağın biyolojik özelliklerine göre, toprakta bulunan mikoriza bakterisi ya da bitki gelişimini düzenleyen diğer bakteriler tarafından, yarayışsız formdaki fosfor maddesinin bitkilerin gelişimine etki edecek şekilde alabilecekleri bir forma dönüştürdükleri tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, *Aspergillus*, *Penicillum*, *Rhizopus*, *Cunninghamella*, *Arthrobacter*, *Streptomyces*, *Pseudomonas* ve *Bacillus türü bakteriler* öne çıkmaktadır. Bu bakteriler toprak içerisinde ve özellikle bitkinin kök bölgesinde fosfataz enzimi salgılayarak bitki tarafından alınabilir fosfor miktarını artırmaktadırlar.

Yapılacak araştırmada, fosfor yarayışlılığı düşük olan topraklara uygulanacak nanofosfor kaynaklı fosforlu gübrelerin fosfor yarayışlılığını artırmasında mikoriza ve PGPR bakterilerinin etkisinin ve etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Yapılacak çalışmanın konusu; Mikoriza ve PGPR ile nano fosfor gübre uygulamalarının mısır bitkisinin verim ve verim parametreleri üzerine olan etkilerinin araştırılmasıdır. Bu doğrultuda yapılacak çalışılacak çalışma tarım alanında çalışan büyük bir kesime hitap etmekte olup, ortaya konacak neticeleri açısından da ülkemizdeki tarıma büyük katkı sunabilecek genişlikte bir kapsama sahiptir.

Bu araştırma kapsamında elde edilecek bulgular ve yapılacak değerlendirmeler ile ürün verim ve kalitesinde sağlanacak artış sayesinde çiftçilerin organik tarıma yöneliminin ivme kazanması, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve sağlıklı tüketen bir toplum oluşturulmasına katkı sağlanması arzu edilmiştir. Bu doğrultuda çalışmada öncelikle konu ile ilgili yapılmış literatürde bulunan bazı kaynakların özetleri sunulmuş, ardından

araştırma için hazırlayıcı bilgilerin olduğu kavramsal bir çerçeve çizilmiştir. Çalışmanın diğer bölümlerinde yapılan deneysel uygulamanın bulguları ve ulaşılan sonuçlara yer verilmiştir.



1. BÖLÜM

KAYNAK ÖZETLERİ

Yunan dilinde mykes=fungus ve rhiza=kök manasına gelen kelimelerden oluşan mikoriza (*mycorrhiza*) tabiri ilk defa 1885 yılında orman patoloğu olan Alman A.B. Frank isimli bir patolog tarafından bitki kökleri ile belli bir takım fungusların ortak yaşamları neticesinde meydana getirdikleri yapıları, yani mantar-ağaç ortaklığını tanımlamak için kullanılmıştır (Hayman, 1981). O yıllardan sonra dünyada çok fazla oranda bitkinin mantarlarla ortakyaşam meydana getirdikleri fark edilmiştir. Mantar-kök daha ziyade mikropların sebep olduğu faaliyetlerin bulunduğu bitki köklerinde olan baskın mikroorganizmalardan biri olup bitki yetişmesine olumsuz tesir eden etkenlerinin olduğu alanlarda daha etkin olduğu düşünülmektedir (Sylvia ve Williams, 1992). Bu nedenle bitkiler arasında mantar-kök hali istisnai bir durum değil bir kural olarak ortaya çıkmaktadır.

Uzmanlar, toprak mikroorganizmalarını yararlı ve zararlı şeklinde iki grupta sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırma, mikroorganizmaların fonksiyonlarına, toprağın kalitesine, bitkilerin gelişimine ve verimi ile bitkilerin sağlığına olan tesirleri göz önüne alınarak yapılmıştır. Bu kapsamda doğru biçimde kullanıldığında mikroorganizmalar; bitkilerin atıklarının dönüştürülmesi, ekim nöbeti, doğal iyileştiricilerin tercihi ve zararlı canlıların kontrol altına alınması gibi toprak ve bitki yönetim faaliyetlerinin optimize olmasına tesir etmektedir (Bolat, 2006).

Toprakta yer alan canlıların, toprakta oluşan birçok kimyasal değişimde içinde aktif etkilerinin olduğu bilinen bir durumdur. Bugün tarla şartlarında sürekli vurgusu yapılan husus, mantar ve bitki kökleri arasındaki karşılıklı fayda durumudur. Toprak bünyesinde olan bir takım canlı çeşitleri bitkilerin gelişmesinde gerekli olan azot ve karbon elementleri gibi elementlerin döngüsünde aktif rol üstlendikleri için toprağın verimli olmasında önemli öğeler arasında yer alırlar. Aynı biçimde topraktaki besin

elementlerinin alımında görev alan mantarlarda toprak verimliliğine katkı sağlamaktadır (Ortaş, 1997).

American ve Griffiths (2001) bir sera deneyinde bir takım kuraklık nedeniyle başgösteren stresin etkisi ve bu stresten sıyrılıp normal duruma evrilmesi üstünde arbuscular-vesicular mikoriza (AM) mantarının etkisini mısır bitkisinde (*Zea mays L*) tetkik etmişlerdir. Bitkiler, kumlu tınlı toprakta *G. mosseae* ve *G. intraradices* mantarları ile ve ayrıca bu mantarlar olmadan yetiştirilmeye çalışılmıştır. Üç ayın sonunda, 5 gün süre ile su bütün bitkilerden noksan edilmiştir. Susuz aralık ve yeniden sulamanın sonrasında, bitkilerin yapraklarındaki potansiyel, CO₂ özümleme miktarı ve terlemenin ölçümü yapılmıştır. Susuz period sırasında, mantar-köklü bitkilerde yapraklardaki su birikimi, CO₂ özümleme miktarı ve terleme her durumda özellikle de *G. mosseae* ile infekte edilen bitkilerde mantar-köksüz bitkilere nazaran daha çok oluşmuştur. Mantar-köklü bitkiler solgunluk başlangıcını geciktirebiliyorlardı. Kuraklık sonrası tekrar eski normal durumuna dönme sırasında, mantar-köklü bitkilerin yaprak su potansiyeli ve CO₂ özümleme miktarı mantar-köksüz bitkilere göre bilhassa da *G. mosseae* ile infekte olan bitkilerde genellikle daha fazla oluşmuştur. Mantar-köklü bitkilerin yaprak yüzey alanları ve bu türe özgü olan yaprak alanları mikorizasız bitkilere göre genel olarak daha fazla saptanmıştır.

Bi vd (2003) gerçekleştirdikleri saksı deneyi ile arbuscular mikoriza mantarı *G.mosseae* ile aşılama yöntemi veya aşılama olmaksızın ve kg başına 100 mg fosfor eklenmiş veya eklenmemiş her türlü mikroorganizmadan arındırılarak yapılmış düşük oranda yarayışlı fosfor kapsamlı toprak içinde kırmızı üçgül (*Trifolium pratense*) bitkisi yetiştirmeyi denemişlerdir. Bitkilerin 40 günlük bir zaman dilimi sonunda sürgün verimleri; fosfor eklemeli Arbüsküler mantar-kök bitkilerinde en büyük oranda olduğu rapor edilmiştir. Arbüsküler mantar-kök aşılama nedeniyle kök verimlerinin etkilenmediği belirlenmiştir.

Mohammed vd (2004), arbuscular mikoriza mantarı *G. intraradices* ile aşılama buğdayın tarla şartlarında değişik fosfor seviyelerinde gelişmesi ve ürün toplamı durumunu incelemiştir. Steril edilerek yapılmış buğday (*Triticum aestivum var. swift*) 1000 tohum başına 0.5 gram kuru ağırlık oranında kesilerek kök aşısıyla infekte yapılmıştır. Buğday ticari fosfor gübresiyle hektar başına 0, 5, 10 ve 20 kg miktarında

gübrelenerek fosforca eksik tınlı ve az asidik (pH 5.5) tarla parsellerine ekimi gerçekleştirilmiştir. Ulaşılan bulgulara göre aşılana bitkiler kontrol grubuna göre kayda değer derecede daha fazla kuru ürün toplamına ve ağırlığa sahip oldukları saptanmıştır. Mikorizanın neden olduğu yetiştirme etkisi bitkinin kuru ağırlığı, başak başına düşen dane miktarı ve 1000 dane ağırlığı yönünden yorumlanmıştır. Hektar başına en yüksek verim, 5 ve 10 kg dozuna karşın 20 kg fosfor dozu ile ulaşılmıştır. Bu noktada araştırmacılar *G. Intraradices*'in azalan fosfor gübresi uygulamalarına daha çok katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Bolat (2006) araştırmasında, tuzlu alanlarda bulunan doğal mikorizaların uygun yöntemlerle çoğaltılıp turunç bitkisine verilmesiyle birlikte bitkilerin tuzlu topraklara adaptasyonunun sağlanmasını incelemiştir. Tuzlu yerlerde bulunan doğal mikorizaların tuzak kültür (trap culture) metodu ile artırılması gayesi ile kumlu toprakta yetişen ve tuza dayanıklı bazı tür bitkilerinin birçok kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellik taşıyan toprak tabakası bölgesindeki doğal mantar-kökler konukçu bitki olarak tercih edilen üçgül bitkisi ile çoğaltılarak yetiştirilmiştir. Bununla birlikte, tuzak kültür (trap culture) tekniği ile yetiştirilen tuzcul bitki kök alanındaki doğal mantar-kökler ve değişik yöntemlerle önceden çoğaltılmış belirli mantar-kök türleri turunç bitkisine aşılanaştır. Çalışmanın sonunda, turunç bitkilerinin en iyi 1000 µmhos/cm tuzlu suya dayanıklı olabildiği, tuzlu yerlerden elde edilen doğal mantar-köklerin kültür bitkilerinde çalıştığı ve bitki gelişimine ve bitki besin elementleri alımına katkı sağladığı saptanmıştır. Fakat, toprak, andezitik tüf, kompost (6:3:1 v/v) harç ortamında büyütülen bitkilerde mantar-köklerin daha çok çalışma olduğu gözlenmiş, mantar-kök aşılamaının belli bir doza kadar tuz ilavesi neticesinde oluşan strese cevap verdiği tespit edilmiştir.

Karaca (2006) çalışmasında, kireç ve kil kapsamı büyük olan Türkiye topraklarında seviyelerin sınırda olmasının yanı sıra kuvvetle toprakta sabitleştirilen ve bitkilerce alınması güç olan fosforun bitki üretiminin sağlıklı şekilde gelişmesinde sınırlayıcı bir faktör olduğunu ifade etmiştir. Aynı araştırmada, mikoriza da denilen kök mantarı aşılama ve 100 mg/kg elementer kükürt eklenmesinin mısır ve soya soya bitkilerinin biyokütle üretimine, fosfor alımına ve mantar-kök ile infekte olma oranına etkileri mikorizalı ve mikorizasız uygulamaların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Uygulamanın sonucunda, kontrol grubuna nazaran 100 mg/kg elementer kükürt eklenmesiyle kök verimi ve toprak üstü aksam, infekte olma ve fosfor alımı yüzdesinin farklılaşmadığı,

mantar-kök eklenmesiyle kök verimi ve toprak üstü aksam, fosfor alımı ve infekte olma yüzdesinin ise çoğaldığı tespit edilmiştir. Mikoriza eklemesiyle ulaşılan söz konusu artış mikoriza ve 100 mg/kg elementer kükürt ilavesiyle farklılaşmamış, mısır ve soya bitkilerinde en fazla verimin menekşe toprak serisinde olduğu gözlemlenmiştir.

Tüfekçi (2007) araştırmasında, sedir fidanının büyümesi, gelişmesi ve besin elementlerini almasına mikoriza aşılmasının rolünü incelemiştir. Sera şartlarında sterilize yapılmış ve yapılmamış üç farklı yetiştirme zemininde, orman ekosisteminde izole yapılan üç değişik mikoriza mantarı çeşidinin (*Lactarius delicious*, *Hebeloma crustuliniforme*, *Tricholoma ustale*) iki farklı aşılama yönteminin (tohum ekimi ve fide dikimi aşamasında) etkilerini tetkik etmiş ve vejetasyon zamanı neticesinde, fidanların büyüme parametrelerinin ölçümü yapılmış, toprağın üst kısmında kalan aksamındaki besin maddesi kapsamları ile kökte yer alan mikoriza enfeksiyon miktarları tespit edilmiştir. Araştırmanın sonucunda, özellikle *H.crustuliniforme* türü ile fide şaşırtması sırasında gerçekleştirilen aşılama yönteminin, diğer mikoriza türlerine özellikle de tohum ekimi esnasında gerçekleştirilen aşılamaya kıyasla sedir fidanlarının gelişmesi üstündeki etkisi daha büyük çıkmıştır. Sterilize yapılmış ortamlarda *H.crustuliniforme* ve *L.delicious* mikoriza türleri ile her iki aşılama esnasında gerçekleştirilen uygulamalar sedir fidanlarının gelişmesine ve besin maddesi alımına pozitif etki ettiği saptanmıştır. Bunun yanında, uygulamada düşük seviyede bitki kök enfeksiyonu oluşmasına rağmen, mikoriza aşılmasının sedir fidanı gelişmesine ve besin maddeleri alımına anlamlı bir katkı sağladığı belirlenmiştir.

Mantar-kök daha çok topraktan emilimi güç olan hareketli elementleri, besin elementlerini ve kökün etki alanına uzak, ulaşımı mümkün olmayan besin maddelerini hifler yardımı sayesinde alarak bitkinin gelişmesini sağlar. Mantar-kök kontrollü şartlar dahilinde bitkinin P, Zn, Ca, Cu, Mn, Fe, Mg içeriğini arttırdığı saptanmıştır (George, 2000). Potasyum (P) biyolojik sistemler için oldukça önemli olup Azot (N)'tan sonra en çok ihtiyaç duyulan bir makro besin elementidir. Fakat genellikle toprakta bitkilerce alınabilir miktarı az olmakla birlikte çoğu zaman var olduğu halde ortamın şartları alımı azaltabilmektedir. Mantar-kök ve infekte olmuş bitki kökleri, rizosfer pH' sını değiştirerek P ve diğer besin elementlerinin alımını arttırmaktadır (Ortaş, 1994).

Taştekin ile Dalkılıç (2008), bitki materyali olarak turunçgil üretiminde çokça tercih edilen turunç anacı, aşığıözü üretiminde sürekli kullanılan kaba limon anacı ve aşığıözü olarak da 'Washington Navel' türüne uygulamışlardır. Uygulamada buhar ile sterilize yapılmış torf ve pomza karışımı tercih edilmiştir. Araştırmada turunç ve kaba limon anacının mikorizaya bağımlılığı, en uygun mikoriza uygulama zamanı (tohum ekim dönemi, şaşirtma zamanı), uygun mikoriza dozu (0, 50, 100, 200 g mikoriza karışımı) ve fosfor (P-, P+) uygulamasının çögür ve fidan gelişmesine etkisi incelenmiştir. Turunç çögürlerinin şaşirtılmasında iyi bir kök yapısı için kriter olan kök kuru kütlesi, aşılama için en uygun ölçüt olan gövde çapı ve iyi bir fidan göstergesi olan fidan (kalem) çapını tohum ekim yastığı veya şaşirtma zamanında 50 g (500 spor/bitki) mikoriza karışım doz uygulamasının yapılabileceğı belirlenmiştir. Buna göre, bitki köklerinin mikoriza ile bir kez inokulasyonunun yapılmasının yeterli olabildiğı varsayılmaktadır. Kaba limon anacının iyi bir kök yapısının bulunmasından dolayı mikorizaya daha az bağımlı olabildiğı ifade edilebilir. Mikoriza ortamda olan az seviyedeki fosforu bitkiye kullanabilir hale dönüştürebilmektedir.

Palta vd (2010) araştırmasında, bitkilerin büyük bir bölümünün mikorizal funguslarla içiçe bir hayat döngüsünün olduğı ve Mikorizal mantarların konukçu bitki köklerinin içinde ve dışında oluşturdukları yaşamsal ilişkilerden ötürü ekolojik olarak büyük değerlerinin olduğı ifade edilmektedir. Bunun yanında, AMF ile bitkiler arasındaki bu ilişki karşılıklı faydalanmaya (mutualistik simbiyosis) dayalı bir ortaklık yaptıkları ve konukçu bitki mantara karbon kaynaklarını verirken, fungus bitkisinin topraktan su ve besin alımını yaptığı görüşü iddia edilmiştir. Bundan olayı bütün dünyada olduğı gibi Türkiye'de de bu toprak ıslah uygulamalarında AMF inokulasyonun güncel bir mevzu halini aldığı, çayır-mera ıslah uygulamalarında AM funguslarından faydalanılmasının ilk olarak düşünülmesi gerektiğı ifade edilmiştir.

Erzurumlu ve Kara (2014)'nın yapmış olduğı araştırmada, üretimde var olan girdilerden, en önemlilerinden birisinin gübre olduğı, Türkiye'de gübre kullanılması noktasında bilinç ve farkındalığının yeterince yerleşmemesi nedeni ile, bazı yerlerde çok yoğun gübre kullanımı neticesinde verimde kalite dejenerasyonu, tarım topraklarının verimliliğinin düşmesi, çevreye negatif etkisi gibi problemlere yol açarken, bazı bölgelerde ihtiyaçtan daha az kullanılması neticesinde verim düşüklüğü yaşandığı belirtilmiştir. Bu noktada, problemleri bazı yerlerde tarımda pozitif etki

oluşturan gübrenin yerine geçebilecek mikoriza mantarının önemini açığa çıkarmak gayesi ile bu araştırmanın yapıldığı gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, tarımsal sahalarda mikoriza uygulamalarının sağlanması ile toprak verimliliğinin yükseltileceği, girdi masraflarının düşürüleceği, karlılık ve ürün kalitesinin de çoğaltılarak tarıma dayalı çevre kirliliğinin minimize edileceği belirtilmiştir.

Abott ve Robson (1991) çalışmalarında, mantar-kök çevresel etkenlere karşı uyum sağlama özelliğine sahip olduğunu ve mantar-kök koloni çeşitleri ve toprak biyolojik, kimyasal ve fiziksel nitelikler arasındaki bağlantının önemli oranda değişken olduğunu ifade etmişlerdir.

Aktif bitki gelişmesi evresinde köklerin dış dokusunu dokusunu kolonize eden mantar ile bitkiler arasında meydana gelen işbirlikçiliği ya da ortakyaşamı anlatan mantar-kök, bitki ile gerçekleştirdiği ortakşam bağ sayesinde bitkilerin ürettiği karbonun mantara ve mantarın aldığı besin maddelerini bitkiye taşıması ile karakterize edilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde, mantar-kökün bitki beslenmesini geliştirmesinedeniyle bitki büyümesine de katkı sağladığı görülmektedir (Özcan ve Taban, 2000).

Bitkilerin mikorizal ortakyaşamlardan edindiği yararlar tarım bilimi açısından verim ve büyüme yükselişi ya da çevre bilimi anlamında uyumun artırılmasıdır. Mantar-kök biçimindeki mantarlar, gerek kök içinde gerekse de toprakta hızlıca üreyebilirler. Fosfor, çinko vb. bitki besin elementlerinin toprak çözeltisinden alınarak köklere iletilmesinde toprak kökenli veya ekstramatrikal hifler önemli rol oynarlar. Bu işlevi ile mantar-kökler, bitkinin etkin emilim yüzey alanını artırırılar. Bitki besin elementleri yönünden yetersiz olan ya da yeterince nemi olmayan topraklarda, besin elementlerinin ekstramatrikal hiflerle alınması daha iyi bir gelişmeye ve de çoğalmaya neden olabilir. Neticede, mantar-kök bitkiler, mantar-kök olmayanlara nazaran, dış etkenlere genel olarak daha dayanıklıdır,denilebilir (Cebel, 1989). Mantar-kök ortaklıklar, yapıları ve işlevsel yönleriyle çok geniş bir çeşitlilik oluştururlar.

Mikorizal funguslar taksonomik açıdan sporlarının yapısı, bitkilerdeki infeksiyon biçimleri ve kök içerisindeki morfolojik ve fizyolojik durumları itibariyle oldukça farklılıklar taşımaktadırlar. Fungal miselyumun kök yapısı ile ilişkisine göre iki büyük

mikorizal grup vardır: Bunlar; Endomikoriza ve Ektomikorizadır. Ayrıca bu iki grubun taşıdığı özellikleri gösteren ektendomikoriza grubu da vardır (Marschner, 1995).

1.1. Ektomikoriza

Ektomikorizalar (EM), odunsu bitkilerin özellikle yüksek yapılı orman ağaçlarının veya yabancı ot ve buğdaygillerin kök yapılarında ortaya çıkmalarıdır. Bu funguslar iki önemli yapıları ile karakterize edilmektedirler (Marschner, 1995). İlki kök yüzeyinin etrafında olan ve “Hartig net” olarak isimlendirilen fungal miselyum ağı, ikincisi ise de bu fungal miselyum ağından kök korteksinin yüzeyine nüfuz eden hif özelliğidir (Bagyaraj, 1991).

Çok miktarda EM aynı anda kök emici tüylerini (genelde incecik besleyici olan kökler) tamamıyla kaplayabilen “mantle” olarak bilinen kökcük görüntüsündeki fazlaca dalları olan bu hifleri barındırmaktadır (Marschner, 1995). Kökleri örten bu yapının rengi, kalınlık durumu ve içeriği özel mantar-bitki kombinasyonları ile ilişkilidir. Mantar dokusunun meydana getirdiği örtü, emici köklerin yüzey genişliğini çoğaltır ve birçok kez ince köklerin morfolojisine etki ederek, kök çatallarına ve gruplarına sebebiyet verir. Hif uzantıları, örtü ile ilişkili olup toprağın içine yayılmaktadırlar. Bu mantarlar Basidiomycetes ve bir tür Zygomycetes’tir (Smith ve Read, 1997).

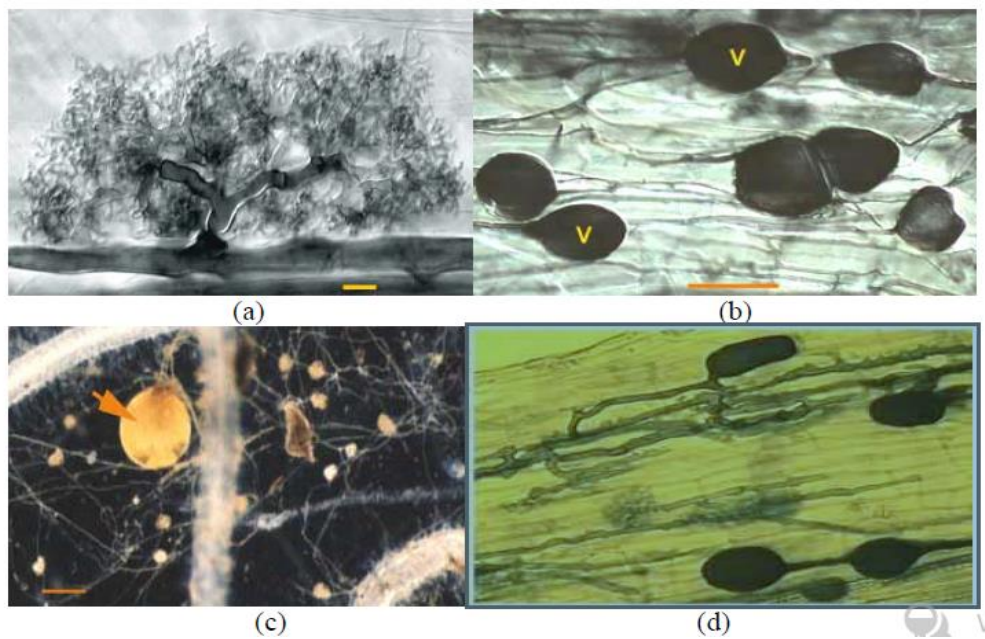
1.2. Endomikoriza

Endomikoriza, bitki köklerindeki korteks hücrelerinde yaşayan ve intraselüler veya interselüler şeklinde gelişim gösteren mantar türüdür. Belirli türleri bulunan Endomikoriza’nın en tanınmış olanı Arbusküler Mikoriza (AM)’dir. Ayrıca, hücre içinde ağaçların köklerindeki dallanmayı düşündüren yapılar meydana gelmektedir ki; buna da “arbuskül” denilmektedir (Marschner, 1995).

Kaynaklarda endomikorizaların arbuscular mikoriza (AM) olarak da tanındığı da belirtilmektedir. Bu fungusların ayırt edici yapıları, kök korteks hücreleri içinde fazlaca dallı bir yapı meydana getirmeleridir. Fungus kortekste gelişim gösterdiği için ortamda lipid yönünden zengin oval görüntülü yapılar meydana getirmelidir ki bunlar “vesikül” olarak isimlendirilir. Vesiküllerin bulunulan ortamdan alınan elementleri depoladığı ve ihtiyacına binaen içeriye saldığı öngörülmektedir (Bagyaraj ve Manjunath, 1981).

Mikorizanın arbusküler ile dışardan aldığı besin elementlerini bitkinin diğer bölümlerine ilettiği görüşü bulunmaktadır. Endomikorizanın en fazla görülenleri arbusküler ve vesiküler meydana getirmelerinden ötürü artık bu gruptaki mikoriza arbusküler mikoriza (AM) şeklinde yaygınlık kazanmıştır (Ortaş ve diğerleri, 1999). Arbuskül oluşturan mikorizal mantar çeşitlerinin tamamının vesikül oluşturmamaları nedeniyle arbusküler mikoriza kavramının yaygın olarak kullanıldığı ifade edilebilir (Marschner, 1995).

Konukçu hücre ve arbusküler mikoriza arasındaki bu simbiyotik yaşamda konukçu bitki hücresi membranı da mantar hücresi de hasar görmemektedir. Mantar geliştikçe konukçu bitki hücresi membranı, mantarı bir kılıf içine alıp çepeçevre etrafını sararak, içindeki yüksek moleküler yapıya sahip maddelerin depolandığı farklı bir bölme meydana getirir. Bu farklı bölme, mantarla bitki sitoplazması arasında doğrudan temas etmeye engel teşkil ederek simbiyotların (bitki-mantar) arasındaki besinlerin iletiminin oldukça sağlıklı biçimde yapılmasının yolunu açar (Cebel, 1989). AM'nin topraktaki yapıları, sporları ve bitkiler vasıtasıyla infekte olmaları açısından değişiklikler göstermekte ve sınıflandırmada alt sınıflar şeklinde yeniden kategorize edilebilir (Daniels ve Menge, 1981).



(a) Arbuskül, (b) Vesikül, (c) kstramatrikal (dışsal) hifler ve klamidosporlar, (d) İnterselüler hifler

Şekil 1. AM Fungusları Karakterize Eden Özellikler

Bitkilerle simbiyotik olarak yaşayan mikorizalar konukçu bitki ile ilişkiyi oluşturduktan sonra, bitki bünyesindeki morfolojik ve fizyolojik değişiklik ve gelişme sebebiyle hastalıklara ve stres faktörlerine dayanıklılığı çoğalmaktadır. Mikorizanın meydana gelmesi biyotik ve abiyotik etkenlere bağlı olarak da değişir. Meydana getirdikleri hifler ile kök etki alanını artırarak bitkinin elementlerden daha çok faydalanmalarını sağlarlar. Hifleri ile kök bölgesinin 4 cm uzağındaki besinleri alıp, bitkinin köküne ilettikleri (Smith ve Smith,1981) ve kök bölgesinin absorbe alanının etkililiğini 10 kata kadar çoğalttıkları farklı birçok araştırma ile kanıtlanmıştır. Toprakta alınması daha yavaş olan elementlerin (P, Zn, Cu) alınmasını 60 kata kadar yükselttikleri bilinmektedir. Ekstra radikal hifler, toprakta yayılarak azot gibi kısmen hareketli besin maddelerini almakta ve besin kayıplarını da en aza indirmektedirler (Linderman, 1994). Pek çok araştırmanın model ve öncü bitkisi olan mısır, mikorizalarla simbiyotik ilişkide, çok başarılı sonuçlar veren konukçu bir bitki olarak karşımıza çıkmaktadır.

Chen vd (2014) çalışmalarında düşük sıcaklıklarla karşılaştırıldığında, kolonizasyon oranları ortam sıcaklığında önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır. AMF suş'lar arasında en yüksek kolonizasyon oranına *G. etunicatum* sahip olurken, bunu *G. tortuosum* ve *A. scrobiculata* ve en düşük *G. intraradices* izlemiştir. Düşük sıcaklık tedavisi altında, *G. intraradices* ve *A. scrobiculata* en yüksek kolonizasyon oranına sahipken, *G. tortuosum* ve *G. etunicatum* en düşük kolonizasyon oranına sahip olmuştur. Ortam sıcaklığına göre, düşük sıcaklık altında kolonizasyon oranı dört AMF suşu arasında ortalama olarak %17.7 azalmış ve azalma özellikle *G. etunicatum* (%55,6'dan %20,0'a) ve *G. tortuosum* (%50,2'den) için belirginleşmiştir (% ila %26,3). Sonuçta ,aşılanmış bitkiler döllememiş bitkilere göre diğer Mikoriza Mantarı'ndan daha iyi performans göstermiştir.

Mikoriza, rizosfer alanındaki bitkilerle simbiyotik ilişki yoluyla sitokininler ve gibberellin dahil olmak üzere büyümeyi ve verimi artıran bitki hormonlarının üretilmesiyle karakterize edilir (Siddiqui vd ., 2008).

AMF, fide tesisi için destek görevi görebilir (van der Heijden, 2004), ve bitkiyi olumlu olarak etkileyebilir (Klironomos, 2002; Stampe & Daehler, 2003).

Mikoriza ile aşılanmış mısır bitkilerinde, ana besin maddeleri NPK'nın emilen miktarı (% 30, %69,% 2.8) , %70 çinko ve %41 manganez artmaktadır. Bu nedenle mikorizal

mantarlar bitkilerin desteklenmesinde çok önemli rol oynarlar (Alizadeh ve Nadia, 2010).

Glomus intraradis ile aşılamanın mısır ve buğday üzerinde, 0, 10, 20, 30 ve 40 kg/ha farklı seviyelerde fosforlu gübreler ile bir çalışma yürütülmüştür. Aşılama bitkilerin besin emilimini artırmada üstündür ve en iyi fosfor seviyesi 20 kg/ha'dır (Pharudi, 2010).

Çalışma, mikorizanın çay veya alglerle kalıntıları ile aşılamanın mikrobiyal sayılarda artışı ve mısır bitkisi üzerinde önemli bir etkisi vardır.(Al-Maliki ve AL-Masoudi, 2018).

Astragalus adsurgens'in mikoriza ile tozlaşması, toprakta klomalin artışına ve toprak agregalarının kuvvetli olmasına yol açmaktadır. (Ji vd 2019).

Mikorizal bitkilerin mikorizal yaşamı olmayan diğer bitki türlerine kıyasla birkaç kat daha fazla fosfor alımları ve bu durumun mekanizması çeşitli çalışmacılar tarafından aşağıdaki maddelerle izah edilmiştir (Hayman, 1982; Smith vd 1992);

- Mikorizal Funguslar, bitki köklerinin hemen etrafında pH'ı azaltıcı bir takım enzim ve asitli sıvılar salgılayarak çözünürlüğü çok düşük olan inorganik fosfatları kullanışlı hale dönüştürmektedir.
- Bu funguslar toprakta bitkiye yararlı olmayan organik fosfor bileşiklerini kendi besin maddesi ihtiyacı olarak vücutlarına almakta ve daha sonra bu bileşikleri hif hücreleri içerisinde kullanışlı hale dönüştürerek bitki köklerine iletmektedirler.
- MF hifleri bitki kökü üzerinde bir sünger tabakası gibi devamlı absorbe edici bir yüzey oluşturmakta, daha önce toprakta farklı aktiviteleri ile yararlı şekilde çevirdiği fosfor bileşiklerini bu absorbe edici yüzey sayesinde kök yüzeyinde biriktirerek hifler vasıtasıyla bitki köküne iletmektedirler.

MF kökteki, rizosferdeki ve topraktaki mikroorganizmalar ile temas durumundadır. Bu birliktelikler engelleyici ya da teşvik edici olabilmekte, bazı zamanlarda ise aralarında rekabet oluşurken bazen de karşılıklı olarak birbirlerini etkileyebilmektedirler. Neticede bu tip interaksyonlar, MF'un hayat döngüsündeki spor popülasyonu dinamiğinden

dışsal hüflerin kökleri kolonizasyonuna kadar tüm gelişim dönemlerinde gözlenebilmektedir (Fitter ve Garbaye, 1994).

Mikorizal fungusların fungal kök hastalıklarını baskımlarken gelişen mekanizmalar aşağıda olduğu gibi açıklanabilir:

- Besin elementi alınımını artırarak MF'ların fosfor ve başka besin maddelerinin alınımını çoğaltması halinde bitkiler daha iyi beslenebilmekte ve patojenlere karşı daha güçlü olabilmektedirler (Davis, 1980).
- Mikorhizosferdeki fizyolojik ve mikrobiyal değişimlerle, Mikorizal funguslar ile simbiyotik yaşam süren bitkilerde, kök morfolojisinde ve fizyolojisinde ciddi farklılıklar oluşmaktadır. Konukçu dokuda, topraktan minerallerin alınmasına tepki olarak gelişen bu değişimler, hücre zarı geçirgenliğinde ve kök hücrelerinin strüktürel ve biyokimyasal durumunda değişimlere dönüşebilir. Bu durumda da kök salgılarının kalitesi ve miktarı çoğalır. Salgılarda ortaya çıkan farklılaşmalar rizosfer toprağındaki mikroorganizmaların kompozisyonlarındaki değişiklikleri de artırmakta ve bu değişikliklerin ortaya çıktığı ortam mikorizosfer olarak isimlendirilmektedir (Linderman, 1994). Bu sebepten dolayı mikorizosferdeki MF ve mikroflora etkileşimleri kök hastalıklarının durumuna da etki etmektedir.
- Morfolojik Yapıyı Kuvvetlendirerek: Mikorizalı bitki köklerinde kısmi morfolojik etki de gözlenebilir (Dehne ve Schönbeck, 1979).
- Bitki Dokularındaki Kimyasal Bileşiklerde Değişiklikler Oluşturarak: Mikorizal Fungus kolonizasyonu neticesinde ortaya çıkmış kısmi fizyolojik değişiklikler kök patojenleri üstünde etkiler oluşturur. Mesela, mikorizal bitkilerdeki arginin ve antifungal kitinaz enziminin konsantrasyonlarının çoğalması patojenlerin sporulasyonunu engeller (Palta vd 2010).

Gupta vd (2000), çeşitli kaynaklardan yararlanarak mikoriza-bitki mekanizma ilişkisinden bir takım yararların çıkarılabileceğine ifade etmiş ve bunları şğıdaki gibi özetlemişlerdir:

- Genişletilmiş absorpsiyon alanı sayesinde besin elementi ve su absorpsiyonunu artırır.

- Biyolojik havalanma sayesinde besin elementi mobilizasyonunu artırır.
- N, P, K, Ca ve Zn gibi elementleri biriktirir ve onların bitki dokusuna taşınmasına yardımcı olur.
- Ektomikoriza hifleri, antibiyotik salgısı, fiziksel engel sağlama ve artık karbonhidratların kullanımı gibi stratejilerden dolayı patojenik mantarların saldırısından hassas kök dokusunu korumayı üstlenir.
- Auxinler gibi gelişme hormonları, sitokininler, giberellinler ve B vitamini gibi gelişme düzenleyicilerini bitkiye sağlar.
- Su stresi, pH stresi, sıcaklık stresi, ağır metal ve toksin streslerini içeren olumsuz şartlara karşı bitkinin toleransını artırır.

Mikroorganizma ile bitki kökleri arasındaki en çok görülen simbiyoz ilişki mikoriza mantarı (kök mantarı) vasıtasıyla gerçekleşir. Toprakta gelişen bitkilerin kökleri genelde mikorizalıdır. Mikorizal mantarların sporları hemen hemen yer yüzeyindeki bütün topraklarda bulunmaktadır (Sieverding, 1991).

Mikorizal funguslar tarafından meydana getirilen toprak üstü organlar, topraktaki mikorizaların kanıtı olarak değerlendirilip, yılın belirli zamanlarında konukçu ağaçların yakınlarında gözlenirler. Şapka veren tüm mantarlar mikorizal olmamaktadır. Ormanlar saprofitik, parazitik ve mutualistik olan farklı görüntülü mantarları bünyesinde barındırmaktadır (Pilz ve Molina, 1996).

Bolan (1991) yaptıkları çalışma sonucunda P'un yetersiz olması halinde mikorizal büyümeyi sınırladığını tespit etmişlerdir. Toprak solüsyonundaki N ve P oranı yine kolonizasyonu etkileyebilmekte ve farklı mantar genotipleri N/P oranlarına göre farklı tepki verebilmektedir.

Cripps (2001), *Populus tremuloides* fidanlarının gelişimini artırmak için in vitro'da, doğal mikorizal mantarlardan seçilmiş 9 izolatı denemiş ve fidanların boyu, çapı ve mikorizalı kök sayısı artmıştır. *Inocybe lacera* aşılı fidanlar kontrol ile farklılık oluşturmamış ancak diğer izolatlar kontrole göre % 250 ila 440 arasında bitkisel kütle artışı sağlamışlardır. Rincon vd (2001), *Pinus pinea* fidanlarına aşıladıkları 7

ektomikoriza mantarından, fidanların gelişmesini en fazla artıran türün *Hebeloma crustuliniforme* olduğunu açıklamışlardır. Guerin ve diğerleri (2003)'nin yapmış oldukları bir çalışmada; *Pinus silvestris* fidanlarına *Lactarius delicious* mantarı aşılması sonucunda, fidanların büyümesi ve sürgün boylarının büyük oranda uzamasını artırdığı belirlenmiştir. Turjaman ve diğerleri (2006), Kuzey Hindistan'da önemli bir kerestelik ağaç olan *Shorea seminis* fidanlarını ektomikorizalarla aşılamanın, fidanların boy ve bitkisel kütlelerinin (biyomas) yanında, N ve P alımlarını da arttırdığını bildirmişlerdir.

Thomson vd (1994), *Eucalyptus globulus*'un büyümesinde ektomikorizaların etkisini incelediklerinde; mikoriza aşılı fidanların kuru ağırlıkları,- aşılınmayanlara göre % 50 ila 350 arasında değişen oranlarda arttığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca erken dönem mantar türlerinin bitki büyümesinde, geç dönem mantarlarına oranla çok daha fazla etkili olduğu da görülmüştür.

Curtis (1999) mikoriza ve toprak fosfor seviyeleriyle ilgili olarak değişik verilerden yaptığı derleme bilgilerini şu şekilde ortaya koymuştur: Yüksek toprak fosforu düzeylerinde mikoriza mantar infeksiyonu oldukça azalmıştır. Fosfat gübresi ilavesi mikoriza ile kök infeksiyon yüzdesinin azalmasıyla birlikte infeksiyonda gecikmeye yol açmıştır (De Miranda vd 1989). Toprak fosfat düzeyindeki bir artış mantar tarafından chlamydo spor üretiminde bir azalmaya sebebiyet verir (Menge vd 1978).

Mosse (1973) fosfat ilavesinin arbüskül meydana gelmemesine sebebiyet verdiğini ortaya koymuştur. Bazı araştırmacılar, fazlaca fosforun toprakta mantar-kök infeksiyonlarının ölümüne yol açtığını belirtmişlerdir.

Mikorizalar bitki köklerini patojenik olan canlılara karşı koruduğu gibi yanı sıra ağır metal toksisitesi ve tuzluluk stresine karşı da bitkinin direncinin yükseltederek bitkiyi muhafaza etmektedir (Smith ve Read, 1997).

1.3. Bitki Büyümesini Teşvik Eden Rhizobakteriler (PGPR)

Bitkinin Gelişmesini Teşvik Eden Rhizobakteriler (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, PGPR), bitkinin kök bölgesi çevresinde bulunan, atmosferik nitrojeni sabitleyebilen, hormon salgılanması ve büyüme düzenleyicileri de dahil olmak üzere bir

dizi mekanizma ile toprak verimliliğinin artmasına yol açan bir bakteri grubudur (Dobbelaere vd, 2003).

PGPR'in verim ve kaliteyi arttırdığı gibi ekonomik olması da talebi arttırmıştır. Uluslararası PGPR konulu ilk çalışmalar 1987'de Kanada'da gerçekleştirilmiştir. İsviçre, Avustralya, Japonya, Arjantin, Hollanda, ABD, Kolombiya ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Valverde vd 2015).

Tarımsal üretimde verimi ve kaliteyi yükseltmek için kullanılan kimyasalların meydana getirebileceği tehditlerin önüne geçebilmek amacı ile sunulan farklı çözüm önerileri arasında "Organik Tarım", "Entegre Mücadele", "İyi Tarım Uygulamaları" gibi kimyasal kullanımının en az seviyeye düşürülmesini hedefleyen uygulamalardan birisi de son dönemlerde bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin (PGPR) kullanımı olmuştur. PGPR'lar bitkinin gelişmesine olumlu yönde katkıda bulunmaktadır. PGPR bakterileri ile yapılan bir çalışmada, bazı bakterilerin buğdayda gövde ağırlığını artırdığı, en yüksek kök ve gövde ağırlığının *P. polymyxa* uygulaması ile elde edildiği bunu *P. putida* ve *B. Megaterium* 'un izlediği belirlenmiştir (Cakmakci vd 2007).

Bahçe sebzesi olarak popüler olan domates, özellikle A ve C vitaminlerini yüksek oranda içermektedir. Domates bitkisinin gelişimine, topraktan su ve besin alınımına etkisini belirlemek amacıyla 7 farklı PGPR izolatu uygulanmıştır. Domates bitkisinin yaş ve kuru ağırlıklarının kontrol bitkisinden yüksek çıkması, PGPR'lerin domates bitkisinin gelişimini teşvik ettiğini göstermektedir. Kullanılan izolat çeşitlerinin bitki gelişimi üzerindeki etkisinin farklı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca PGPR uygulanan muamele gruplarının; N, P, K, Ca ve Mg miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. PGPR'in, tuz stresine maruz kalan bitkileri; fotosentezden engellemesini ve zarar görmesine karşı koruma sağladığı belirtilmektedir. PGPR'i kullanmak toprakta bulunan sodyum klorürün bitkiler tarafından alınımı kolaylaştırmaktır. PGPR uygulanan muamele gruplarının gelişim parametreleri ve tuz alınımı uygulanmayan gruplara göre fazla olduğu belirtilmiştir (Gerhardt ve diğerleri, 2017).

Bir bakteri türünün birden fazla PGPR özelliği taşıyabildiği belirtilmiştir. Böylelikle biyolojik gübre olarak kullanılmasının yanı sıra biyolojik kontrol ajanı olarak da kullanılmaktadır (İmriz ve ark., 2014).

Fosfor'un toprakta organik ve inorganik formlarda bol miktarda olmasına rağmen, bitki gelişimini sınırlayan başlıca minerallerden biri olduğu, Fosfat çözüldürücü mikroorganizmaların (PSM) bitkilere çevre dostu ve sürdürülebilir biçimde kazandırılmasında önemli bir vazifesinin bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Fosfor bileşiklerinin mikroplar vasıtasıyla çözülmesinin laboratuvar şartlarında çok yaygın olmasına rağmen, sahadaki neticelerin oldukça değişken olduğu ifade edilmektedir. Bu değişkenlik için pek çok varsayım geliştirilmiştir. Fakat, bu hipotezlerin hiçbiri kapsamlı bir biçimde incelenmemiştir. PSM'lerin tarımdaki önemine rağmen, fosfor çözülmesinin ayrıntılı biyokimyasal ve moleküler mekanizmaları tam olarak anlaşılmamaktadır. PSM'leri izole etmek için kullanılan şartların toprak koşullarını yansıtamadığı ve fosforu topraktan etkin bir biçimde serbest bırakabilen PSM'lerin daha önceki araştırmalarda önerildiği kadar büyük olmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte mikropların mineral fosfat çözdürme kabiliyetinin belli genetik kodlara bağlanabileceği ve bu genetik birimlerin P çözdürmeyen bakterilerde bile mevcut olduğu meydana çıkartılmıştır. P çözünürlüğünün genetik alt yapısını bilmek ise, daha fazla rizosfer yetkin bakterilerin PSM'lere dönüştürülmesine katkı sağlayabilecektir (Gyaneshwar vd 2002).

Mısır bitkisi büyümesi, rizosferdeki yararlı mikroflorayı ve finansal getirileri iyileştirmek için kimyevi, organik ve biyo-gübrelerin entegre kullanım potansiyelini değerlendirmek için saha çalışmaları yapılmaktadır. Araştırmalarda, biyolojik potasyum gübre (BPF), biyogüç, etkin mikroorganizmalar (EM) ve yeşil kuvvet kompostu (GFC) tercih edilmiştir. Bulgular, tam NPK tedavisi ile bitki boyu, yaprak yüzeyi ve taze biyokütle yönünden maksimum mahsul büyümesi oluşabildiğini kanıtlamıştır. Ayrıca, BPF + tam NP gelişimi de bulgulanmıştır. NPK besinlerinin mahsul tarafından en yüksek alımı ise: yarım NP + Biopower altında N; BPF + tam NP'de P; ve K tam NPK ile sağlanmıştır. Rizosfer mikroflora sayımı, yarı doz GFC toprak düzenleyici (SC) veya NP gübre ile birlikte uygulanan Biopower + EM'nin en fazla sayıda N-sabitleyici bakteri (Azotobacter, Azospirillum, Azorhizobium ve Zoogloea) verdiğini ortaya çıkarmıştır. P-çözünürlüştürücü bakterilere dair; Bacillus Biopower + BPF + yarım NP ve Biopower + EM + yarım NP tedavisi altında Psödomonas ile maksimum popülasyona sahiptir. İncelemede, yarım doz NP gübrenin Biopower + BPF / EM ile entegrasyonunun, tam NP gübre miktarı ile benzer mahsul verimi alınabileceği neticesine ulaşılmıştır. Bu

şekilde, gübre kullanımının düşürülmesiyle üretim maliyetlerinin minimize edilebileceği ve net kazancın en üst seviyeye çıkarılacağı saptanmıştır. Bununla beraber, yarım doz NP gübresinin biyo-gübreler ve kompost ile entegrasyonu, mısır yemi büyümesini meydana getirmemiş ve tam doz NPK gübresiyle karşılaştırılabilir verim de sağlanamamıştır (Jilani vd 2007).

Yapılan sera çalışmalarında, hardal (*Sinapis arvensis* L) bitkisine uygulanan rhizobacterler potasyum ve fosfor çözücü özelliğiyle önemli rol oynamaktadır. Rhizobacterlerin bitki büyümesini uyardıkları, metal toksisitesinden korudukları ve toprağın yapısını değiştirip biyoyararlanım sağladığı belirtilmiştir (Wu vd 2005).

Sera koşullarında dört farklı PGPR türünün brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) bitkisi üzerindeki gelişim ve kalite etkisi araştırılmıştır. Brokolide Na hariç bütün besin elementlerinin yüksek çıktığı; organik asit, aminoasit ve hormon içeriğiyle bitkinin büyümesini etkilediği belirlenmiştir (Ekici vd 2015).

Sera koşullarında kuraklık stresinin zararını azaltmak amacıyla yapılan çalışmada, lahana bitkisine farklı oranlarda su verilip bitki gelişimine teşviki arttıran rhizobacterler, (PGPR) inokule edilmiştir. Deneme sonucunda, PGPR uygulanan muamele gruplarının diğer gruplara göre bitki gelişimini arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca PGPR'in lahana bitkisi üzerindeki kuraklık stresine karşı etkili olduğu belirlenmiştir (Samancıoğlu vd 2016).

Tarla koşullarında PGPR ve farklı gübre kombinasyonlarının karnabahar bitkisi üzerindeki bitki gelişimi, verimi, kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneme sonucunda uygulanan bütün kombinasyonların olduğu muamele grupların da bitki gelişim parametrelerinin daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca organik tarımda, PGPR x organik tavuk gübresinin kullanılması uygun bulunmuştur (Civelek, 2017).

Başka bir deneyde, buğday bitkileri tane verimini 123 kg / ha artıran ve toprak biyokütlesini artıran PGPR bakterileri ile aşılmıştır (Singh vd 2015).

B.megaterium, En yaygın bakterilerden biri, biyolojik gübrelemede kullanılan fosfatları, organik asitlerin salgılanması ve büyüme düzenleyicilerin salgılanması dahil olmak

üzere birçok yöntemle fosforun hazırlığını artırmak için çözüme yeteneğidir (Wyciszkievicz vd 2017).

PGPR bakterileri, tuzluluk stresleri dahil çeşitli streslere dayanmak ve bitki hormonları salgıladıkları ve organik asitler salgıladıkları için ürün verimliliğini artırmak için PGPR bakterilerini kullanmak için kullanılır (Gupta vd 2020).

Farboodi vd (2011), *A. chroococcum* ve farklı seviyelerde mineral ve organik azotlu gübreler dahil olmak üzere mısır bitkilerinin PGPR ile aşılmasının kimyasal gübrelerde% 33'lük bir azalmaya yol açtığını belirtti.

Berez vd (2007), fosfat çözen bakteriler ve bitkiler arasındaki simbiyotik ilişkinin yararlı bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bakteriler bitkilere çözülmüş fosfor sağlar ve bitkiler bakterilere karbon bileşikleri sağlar.

İnorganik fosfatları çözen mikroorganizma, organik ve inorganik asitlerin oluşumu olan mekanizmalarla yapılır (kumara vd 2008; Nehwani vd 2010).

Dubey vd (2020), PGPR bakterilerinden oluşan biyolojik gübrelerin hazır besin NPK konsantrasyonunu artırdığını, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini, bitki büyümesini teşvik ettiğini ve verimliliğini artırdığını açıklamıştır.

Güneş vd (2013), Türkiye'de aşağı yukarı 425 milyon ton olan ham fosfat kayası rezervlerinin organik tarımda kullanılabilirliği ve mevcut çözünebilir fosfor miktarlarının artırılabilmesine yönelik çalışmalarında, toprakta bulunan fosforun ve ham fosfat kayalarının çözünürlüğünü artırmak için uygulanan bakterilerin oldukça etkili oldukları vurgulanmıştır. Bu doğrultuda sürdürülebilir ve organik tarım sistemlerinde toprağın yapısını bozmadan yüksek ürün miktarı ve de kaliteli ürün almak için kullanılacak ham fosfat kaynaklarının uygulanmasının ardından çözünürlüğünü artırmak için *Bacillus subtilis* OSU-142, *Burkholderia cepacia* BA-7 ile *B. megaterium* M3 bakteri uygulamalarının kontrol ve diğer bakteri uygulamalarına göre daha olumlu sonuç verdiği saptanmıştır.

Sharifi vd (2011), gerçekleştirdikleri araştırmalarında farklı PGPR uygulamalarının mısır bitkisinin kuru madde oranı ile tane verimi üzerine etkisinin nasıl olduğunu incelemişlerdir. Uygulama neticesinde farklı PGPR uygulamalarının mısır bitkisinin

tane verimi, kuru madde miktarını yükselttiği saptanmıştır. Özellikle PGPR bakterilerinden *Azotobakter* uygulaması neticesinde en yüksek tane verimi ve kuru madde miktarı alındığı raporlanmıştır.

Delen vd (2013), araştırmalarında, iki farklı bakteriyi (*Rhizobium meliloti*) tohuma ve toprağa aşılayarak bakterilerin çemende verime olan etkisini incelemişlerdir. Gerçekleştirmiş oldukları deneylerde tohuma aşılama tekniğinin daha olumlu etkiler oluşturduğu sonucuna ulaşmışlar ve tohuma aşılama miktarları yükseldikçe ulaşılan değerler de artmıştır. Fakat genel itibari ile 2 kg/100 kg ile 3 kg/100 kg dozu arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark oluşmadığı gözlenmiştir.

Uzun (2014) yapmış olduğu araştırmasında, bitki gelişmesine katkı sağlayan bakterilerin, mısır (*Zea mays L.*) bitkisinin fosforla etkinliğini tarla ve sera şartlarında incelemişlerdir. Araştırmada 3 kez tekrarlı olarak TSP (% 44 P₂O₅) ve Fosfat Kayası (FK) (% 29,30 P₂O₅) gübresi uygulaması yapılmıştır. Uygulamada bakteri (kontrol, *Bacillus pumilus* C26 ve *Bacillus megatarium* M3) ve beş değişik fosfor dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 kg/da) tespit edilmiştir. Hasat sürecinde ise toprak örneklerine fosfor analizleri, bitki örneklerinde ise verim ve verim parametreleri ile sap, gövde ve yapraklarda fosfor ve azot analizleri gerçekleştirilmiştir. Neticede; PGPR'lerin mısırın boyu, gövde çapı, tanede fosfor ve azot oranı, yaprak azot oranı ve sap azot oranlarına istatistiki olarak etkisi görülmezken, bitki kuru kütlesi, tane verimi, yaprak fosfor kapsamı ve sap fosfor kapsamına istatistiki anlamda önemli farklılaşmalar olduğu tespit edilmiştir. Sürdürülebilir ve organik tarım mekanizmalarında, verimi çoğaltmak niyetiyle kimyasal gübrelere daha olumlu neticeler alabilmek için, gübre tekniğinde özellikle PGPR bakterilerinin kullanımının çoğaltılması tavsiye edilmiştir.

Hussein vd (2013) araştırmalarında, toprak mikroorganizmalarının topraklarda ki fosfor değişiminde önemli vazifeler aldıklarını belirtmişlerdir. Bu gaye ile beş farklı PGPR bakterisinin topraklarda organik ve inorganik fosforu çözdürme ve mısır bitkisine etkisini incelemişlerdir. Araştırma bulgularında bakteri faaliyeti ile mısırın boy, kök uzunluğu, kök ve 8 gövde kuru kütlesi ile tane verimini ve fosfataz etkinliği, fosfor ve kullanışlı fosfor oranının kontrole göre sırasıyla % 189, 185 ve 62 oranında yükselttiğini ifade etmişlerdir.

Kloepper vd (1980), kök bakterilerin patates bitkisinin gelişmesini ve verimine nasıl etki ettiğini incelemiştir. Patates ve kereviz köklerinden izole olan *Pseudomonas* türünün iki izolatu sera şartlarında patates bitkisinin sera şartlarında bitki büyümesini % 500 kadar artırdığını tespit etmişlerdir.

1.4. Fosfor

Azottan sonra eksikliği durumunda bitki gelişimini önemli şekilde kısıtlayan ve bitkilerden maksimum verim alabilmek için ihtiyaç olan ikinci önemli elementtir. Fosfor (P), nükleik asitlerin, fosfolipitlerin ve adenosin trifosfatın (ATP) yapısal bir bileşeni ve özellikle fotosentez gibi önemli metabolik ve biyokimyasal olayların temel ögesi durumunda olduğundan, bitkiler için oldukça önemli ve değerli bir besin elementidir (Richardson ve Simpson 2011).

Toprakta bulunan fosfor tek başına element olarak değil, fosfat halinde (dört oksijen atomuna bağlı olarak) bulunmaktadır. Bu hali ile (-3) değerlikli bir iyon meydana getirir ve fosfat iyonu olarak adlandırılır. Sulu çözeltide, çözeltilinin asitlik derecesine bağlı olarak değişen miktarlarda H_3PO_4 , $H_2PO_4^{-1}$, HPO_4^{-2} ve PO_4^{-3} değerliklerinde ve formlarında görülebilir. Bazı organik fosfor bileşikleri ise fosfat bileşikleri olmamaktadır. Bu sebepten ötürü toprakta bulunan fosforu fosfat terimi ile değil fosfor (P) terimi ile belirtmek en uygun ifadedir (Demirci ve Doğan, 1995).

İnorganik fosforun bakteriler tarafından çözünmesini açıklayan birçok mekanizma vardır. Temel mekanizma; başta organik asitler, sideroforlar, protonlar, hidroksil iyonları ve CO_2 olmak üzere, mineral çözücü bileşiklerin bakteriler tarafından üretimidir (Sharma vd 2013).

Periplazmik boşlukta direk oksidasyon yolu ile sentezlenen organik asitlerin inorganik fosforu çözmesi, pH'ın düşürülmesi ve katyonların şelatlanması esasına dayanmaktadır. Bu şekilde hidroksil ve karboksil grupları, fosfatlara bağlı alüminyum fosfat (Al_3PO_4), demir fosfat (Fe_3PO_4) ve trikalsiyum fosfat ($Ca_3(PO_4)_2$) gibi bileşiklerdeki katyonları şelatlayarak fosforu alınabilir forma dönüştürürler (Zhao vd 2014).

NH_4 asimilasyonundan kaynaklanan H salınımı, alternatif bir P çözme mekanizması olarak düşünülmektedir. Bazı mikroorganizmalar için NH_4 kaynaklı proton salımı, P

çözünürlüğünü teşvik eden tek mekanizma gibi görünmektedir. Organik fosfor çözünürlüğü, organik fosfor mineralizasyonu olarak da adlandırılmaktadır. Başta inositol olmak üzere, topraktaki çeşitli organik fosfat bileşikleri alkali ve asit fosfatazlar tarafından substrat olarak kullanılarak inorganik forma dönüştürülürler (Beech vd, 2001).

Bitkiler geliştikleri topraktan fosforu, H_2PO_4 ve HPO_4 iyonu biçiminde alırlar. Bitkilerin optimum gelişme zamanlarında topraklarda nisbi olarak H_2PO_4 , daha çok var olduğu için bunu daha çok almaktadırlar. Bununla birlikte bitkiler asit reaksiyonlu topraklarda H_2PO_4 , alkali tepkimeli topraklarda ise HPO_4 iyonunu daha çok kullanırlar. Ancak toprak çözeltilisinde bu iyonların birbirine çok hızlı evrilmesi sebebiyle pH'ı 4–8 arasında değişen topraklarda bu iyonların alımları arasında önemli bir fark oluşmamaktadır (Kacar ve Katkat, 2007).

Fosfor bitki gelişmesi ve büyümesi için bulunması şart olan elementlerden birisi olduğu gibi tarımın çokça yapıldığı topraklarda fosfor miktarı durmadan değişebilmektedir. Ülkemizde bulunan topraklarda doğal veya doğal olmayan fosfor kaynaklarından sürekli fosfor ilavesi yapılmasına karşın, topraklarda bulunan fosfor düzeyinin bitki gelişimi noktasında değerlendirilmesi sonucunda kritik düzeyde olduğu söylenebilir (Dodor vd 2003). Topraklarımızın fosfor içeriği toplamı çok olsa da bitkilere kullanılacak olan fosfor konsantrasyonu sınırdadır ve her sene verilen fosforlu gübreler ortalama %80-85 seviyelerinde topraklarda adsorpsiyon ve çökeltme nedeniyle ya da organik bileşikler meydana getirerek bitkilerin kullanamayacağı şekle dönüşebilmektedir (Holford, 1997; Korkmaz ve ark., 2004).

Mısır bitkisi özelinde değerlendirilecek olunursa; mısır fosfor gereksinimini kökleri yardımıyla topraktan H_2PO_4 ve HPO_4 olarak alabilmektedir. Özellikle pH'ı düşük topraklarda H_2PO_4 iyonu konsantrasyonu çoğalırken, pH'ı fazla olan topraklarda ise HPO_4 iyonu konsantrasyonu yükselmektedir (Kırtok, 1998; Schachtman ve ark., 1998; Güzel ve ark., 2002). Öte taraftan, bitki büyümesinin erken dönemlerinde toprakta fosforun yeterli düzeyde olması, üreme organlarının gelişebilmesi için oldukça önem arz etmektedir. Bunun yanında bitkiler gereksinim duydukları fosforun büyük bir kısmını gelişimlerinin ilk dönemlerinde almaktadırlar (Kacar ve Katkat, 2007). Bu

nedenle bitki gelişimi sırasında uygulanacak tekniklerin zamanının doğru bir şekilde ayarlanması büyük önem teşkil etmektedir.

Fosforun, bitkinin tohum ve meyveleri gibi genç organlarında bitkilerin yaşlı organları olan yaprak ve diğer kısımlarına oranla daha fazla olduğu bilinen bir gerçektir (Kacar ve Katkat, 2007). Özellikle tahıl bitkilerinin tohumlarında ve meyvelerinde fosforun fitik asit ve fitat şeklinde önemli seviyelerde bulunduğunu ve bunun gerek bitkinin gelişmesi esnasında fosfor gereksiniminin karşılanması önemli olabilmektedir. Öte taraftan, fosforun insanlar ve hayvanların beslenmesi açısından öneminin yanı sıra çevre açısından da önemi oldukça fazladır. Özellikle toprak ve su kirliliğinin ancak dengeli gübreleme ile düşürülebileceği ifade edilmektedir (Kartekin, 2014).

Topraklar çok geniş bir fosfor rezervi (yaklaşık 400-1200 ppm) bulundurmasına rağmen, genelde bitkiye yararlı şekilde kullanılabilir fosfor oldukça düşük oranlarda (1 ppm'nin altında) bulunmaktadır. Bitkiler fosforu sadece monobazik (H_2PO_4) ve dibazik (HPO_4) iyonlar olarak alabilmektedir. Toprakta fosfor, hem mineral (inorganik) ve hemde organik formda bulunabilmektedir. (Bhattacharyya ve Jha, 2012).

1.5. Nano Gübreler

Nano, Yunanca bir sözcük olup son derece küçük, ufak gibi anlamlara gelmektedir. Bilimsel karşılığı ise, metrenin milyarda biri olan ölçü birimidir. Nanoteknoloji ise, boyutu 100 nm'den küçük olan madde ve sistemleri inceleyen bir disiplin ve bilim dalıdır (Demirbilek, 2015).

Nano gübreler, geniş yüzey alanına sahiptirler, bununla birlikte bitki kök ve yaprak gözenek boyutundan daha küçük boyutlardadırlar. Bu özellikleriyle nano gübrelerin uygulandıkları yüzeyden bitkiye penetrasyonlarını ve besinlerin alımı ve kullanım etkinliği artabilir. Diğer yandan, parçacık boyutunun azaltılması ile nano gübrelerin birim alan başına spesifik yüzey alanının ve parçacık sayısının artırılmasını sağlar. Böylece, nanoparçacıklar içinde kapsüllenmiş nanogübrelerin temas alanındaki artışla bitkiler uygulanan besin elementlerinden daha fazla faydalanabileceklerdir (Sing vd 2017).

Nano gübre, bitki besin elementlerin şu üç yoldan biriyle bitkiye iletirler (Valizadeh ve Milic, 2016);

- 1) Besin elementi, nanotüpler veya nano gözenekli malzemeler gibi nanomalzemeler içine kapsüllenebilir,
- 2) İnce bir koruyucu polimer film ile kaplanır veya
- 3) Nano ölçekli boyutlardaki partiküller veya emülsiyonlar halinde bitkiye taşınırlar.

Nanoteknolojik gübre kullanımı sayesinde daha az gübre ile kullanılan az miktardaki gübreden oldukça yüksek yüksek oranda verim almak mümkün hale gelmektedir. Günümüzde, nano gözenekli zeolit, nano Zn gübresi, nano B gübresi, nano Fe gübresi, nano bakır (Cu) gübresi, Nano Fosfor (P) gübresi vb. gübrelerin yanı sıra, bazı organik yapılı nano gübreler de üretilir olmuştur. Üretilen ve sıklıkla kullanılan ve gelecekte daha da çok kullanılması öngörülen nano gübrelerin çeşidi, uygulama dozu, uygulama zamanı, uygulanan bitki türü gibi faktörlere göre değişkenlik gösterecektir (Rameshaiah vd 2015). Bahsedilen bütün bu nedenlerden dolayı sürdürülebilir tarım için çevre dostu makro ve mikro besin elementleri ile desteklenmiş nano gübrelerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Nano gübrelerin kullanımın avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar aşağıda özetlenmiştir.

1.5.1. Nano gübrelerin avantajları

Nano gübrelerin boyutlarının ultra küçük seviyelerde olması stomalardan kolaylıkla geçerek bitkinin minerallerden kolayca yararlanmasını sağlamaktadır. Böylece uygulama yapılan gübreden en iyi verim alınabileceği bildirilmiştir. Bundan başka geleneksel gübrelerle karşılaştırıldığında, nano gübrelerin birçok avantajları öne çıkmaktadır. Bunları şöyle sıralayabiliriz (Liu ve Lal, 2014; Rameshaiah vd, 2015; Singh vd 2017);

- a. Az miktarda gübre tüketilerek düşük maliyetle yüksek oranda verim alınabilmesi,
- b. Gübre kullanım etkinliğini arttırması,

- c. Besin kullanım verimliliğini arttırması,
- d. Gübre uygulama sıklığını azaltması,
- e. Besin kayıplarını azaltması ve çevre üzerine olası olumsuz etkileri en aza indirmesi,
- f. Toprak toksisitesini azaltması,
- g. Toprak verimliliği ve ürün kalitesini artırması,
- h. Nanogübreler bitkinin sağlıklı büyüme ve gelişmesini sağlayarak ürün verimini, besin değerini arttırlar. Böylece sağlıklı olan bitkinin hastalıklara ve şiddetli hava koşullarına karşı daha fazla direnç kazanması da nano gübrelerin önemli bir avantajıdır.

1.5.2. Nano gübrelerin dezavantajları

Nano gübrelerin üstün özellikleri olması karşısında bazı olumsuz tesirleride vardır. Nanoteknolojide kullanılan nano boyuttaki partiküller hem sağlık hem de çevre için önemli bazı riskler ve sorunlara sebebiyet verebilmektedir. Nano malzemelerle ilgili yapılan çalışmalar, nano partiküllerin insan sağlığı açısından önemli düzeye tehlikeli toksik etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, nano gübrelerin en önemli olumsuz etkisi içerdikleri nano partiküllerin sağlık açısından tehlikeli olabilmeleridir. Nano partiküller insan vücuduna girmeleri halinde tüm hayati organlara ulaşarak dokularda tahribata sebebiyet verebilmektedir. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda bu gübrelerin toksik etkiler içerdikleri, çevre sağlığı için büyük bir tehdit unsuru oldukları ve meydana getirdikleri çevre sorunlarının telafisinin zor olduğu anlaşılmıştır. (Rameshaiah vd 2015).

Yıldız (2014), Türkiye’de ve Dünya’da yapılan gübre araştırmaları içinde halen akademik düzeyde olan yeni bir gübre üretim ve uygulama şekli de Nano-Gübre uygulaması olduğunu söylerken, 2006 yılından bu yana, ABD, Kanada, AB, Kore gibi bazı ülkelerde nano-gübre üretimi için bütçeler ayrıldığını belirtmektedir.

Benzon vd (2015), çalışmalarında nano gübre (Azot, Fosfor, Potasyum) ve klasik kimyasal gübre uygulamalarının pirinç bitkisinin verimi, toplam fenol muhtevası (TPC) ve antioksidan etkinliği üzerine etkilerini serada saksı (15 kg) deneyi ile kıyaslamışlardır. Çalışmada nano gübre kullanılmasının pirinçte büyüme, gelişim,

toplam fenol muhtevası ve antioksidan aktivitesini artırdığını ve bitki üretimini geliştirme durumunun olduğu ifade edilmiştir.

Hassani vd (2015) araştırmalarında, kimyasal gübreler (Fe, Zn ve K) ve nano (Fe, Zn ve K) gübrelerin ayrı ayrı ve kombinasyonlarını uyguladıkları nane (*Mentha piperita* L.) bitkisinin boy, gövde, dal ve yaprak sayısı, bitkinin (gövde, dal, yaprak) yaş ve kuru ağırlığı ve verimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Uygulama sahası olarak İran sınırları içinde bulunan Khuzestan bölgesindeki Sardasht şehrinde bulunan bir arazi seçilmiştir. Araştırma bulguları; kimyasal ve nano gübrelerin boy, dal sayısı, yaprak ve gövde yaş ağırlığını istatistiksel manada % 1 oranında etkilerken bitki yaş ağırlığını % 5 seviyesinde etkilediğini kanıtlamıştır. En büyük bitki boyu (11.67 c m), dal sayısı (58.2), daldaki yaprak sayısı (916.3), boğum sayısı (16.6), yaprak yaş ağırlığı (219), yaprak kuru ağırlığı (26.7 g), gövde yaş ağırlığı (140.8 g) ve kuru (40.34 g) ağırlıkları nano gübre uygulamalarından ulaşılmıştır. Çalışmacılar ulaştıkları sonuçlara göre bitkilere kimyasal gübre verilmesinin negatif bir etkisinin olmamasına karşın, nano gübrelerin bitkideki verim üzerinde daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir ve böylece ve nano gübre uygulamalarını tavsiye etmişlerdir.

Nanopartiküller (NP), bitki besin elementlerini aşağıda numaralandırılan şu yollardan biriyle bitkiye iletilirler (Nair vd 2010);

- 1) Besin elementi, nano-tüpler veya nano gözenekli malzemeler gibi nanomalzemeler içine kapsüllenebilir.
- 2) İnce bir koruyucu polimer film ile kaplanır.
- 3) Nano ölçekli boyutlardaki partiküller veya emülsiyonlar halinde bitkiye taşınırlar.

Nano-gübre formülasyonlarındaki nanopartiküller'in boyutları, hücre duvarı gözeneklerinden küçükse, direkt bitki hücrelerine girmesi mümkündür. Ancak NP'lerin daha ileri aşamaları hücre zarı, besin maddelerinin sitoplazma ile etkileşimleri incelemenin ötesinde ve NP taşınım mekanizması çok karmaşıktır. Bununla birlikte, besin elementleri su/toprak çözeltisinde nanoparçacık çözülmesi yoluyla bitki kökü sistemi tarafından absorplanmaktadır. Başka bir deyişle, NP'ler suda çözülür ve besin maddelerini çözülmüş iyonlar halinde serbest bırakır. Bitkiler ayırım gözetmeden

besleyici çözülmüş iyonları konveksiyonel gübrelerden alabilir. Ancak, su/toprak çözeltisindeki NP'lerin çözünme hızı ve kapsamı, yüksek spesifik yüzey alanları ve boyutları ilgili katı yüzeylerden daha yüksek olmasından dolayı konveksiyonel gübrelere göre daha etkin bir işleve sahip olabilirler (Nair vd 2010; Lin ve Xing, 2008).

Nanopartiküler fosfor (P) içeren gübreler Liu ve Lal (2014) yaptığı çalışmada 16 nm boyutlarında yeni bir hidroksiapatit türü ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) NP'ler sentezleyerek sera denemesi ve atıl büyüme ortamında NP'lerin %50 perlit ve %50 turba yosunu ortamında yetiştirilen soya fasulyesi üzerindeki gübreleme etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ($\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$) NP'lerin uygulanmasının büyüme oranını ve tohum gelişimini sırasıyla %33 ve %20 oranlarında arttırdığını tespit edilmiştir.

Latince kökenli bir kelime olan Nano sözcüğü, 'cüce' anlamına gelmektedir. Genel olarak ise nanopartiküller, boyutları 1 ile 100nm arasında değişim gösteren uzunluklara sahip olan ince yapılı parçacıklardır şeklinde tanımlanabilir. Nanopartiküller, hacimsel düzeyde olan daha büyük parçacık boyutlarına sahip yapısal durumlarıyla karşılaştırıldığında yüzey/hacim oranları daha geniştir. Çevrede bulunan nanopartiküller temelde organik ve inorganik yapıda olup doğal veya antropojenik kaynaklardan yayılım göstermektedir (Nowack ve Bucheli, 2007).

Kompozisyon, farklı boyut ve konsantrasyon seviyeleriyle birlikte, fiziki ve kimyasal özellikleri doğrultusunda NP'lerin, değişik bitki çeşitlerinin büyüme ve gelişimlerinde olumlu etkilerinin yanında olumsuz etkilerinin de olduğu bildirilmiştir. Nanopartiküler ağır metaller; parçacık boyutu, karakteristik yüzey özellikleri (yüzey yükü ve eğilimi), birikim gösterme eğilimi ve bağlandığı yüzey yapısının özelliklerine göre toksik etki düzeyi değişkenlik gösterebilir (Dietz ve Herth, 2011).

NP'lerin emilimi ve dokulardaki iletimlerinde; hücre duvarı gözeneklerinin büyüklük oranı, hidrolik iletkenlik ve değişik fizikokimyasal farklılıklar etkileyici öğelerdir. Yapraklardan emilimle ilgili olarak yapılan bir çalışmada farklı NP'lerin epidermis tabakası tarafından absorblandığı ve ardından iç dokulara iletiildiği görülmüştür (Taran vd 2014). NP alımı, birikimi ve translokasyonu; partikül boyutuna, türüne, maruz kalınan konsantrasyon seviyesine, bitki çeşidi ve çevre koşullarıyla birlikte dokusal ve hücrel matrisin fizikokimyasal yapısına bağlı olduğu görülmektedir (Dietz ve Herth,

2011). Köklerde yapılan başka bir çalışmada ise farklı konsantrasyonlarda NP-TiO₂ uygulamalarının, *Arabidopsis thaliana* türünde nanopartikülerin kökten emildiği ve vakuollerde depolandığı kaydedilmiştir. Buğday üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise, TiO₂ ve ZnO NP'lerinin kök hücre duvarında adsorbsiyonu ile kök dokularına taşındığı gözlemlenmiştir (Du vd 2011).

Verma ve Penfold (2017), çalışmalarında hayvan gübresi ve saman, bahçe atıkları, ağaç talaş ve kabuğu ile mutfak atıklarından oluşturulan kompostun inkübasyona bağlı olarak topraktaki fosforun durumu ve buğday bitkisinin büyümesini incelemiştir. Uygulamaların bir takım toprak niteliklerini önemli seviyede etkilediği, bitki gelişmesini ve fosfor alınmasının en yüksek hayvan gübresi ve mutfak atık kompostlarında 72 gün sonra meydana geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmacılar fosfor kullanılabilirliği üzerine organik materyallerin etkisinin organik maddenin türüne ve uygulama oranına ve fosfor konsantrasyonuna göre farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Çalışmada organik materyal uygulamasının fosfor alımını ve kullanılabilirliğini yükseltmesinin; fosfor fiksasyonunu düşüren, fosfor mobilizasyonunu yükselten mikrobiyal aktivite ve organik anyonların üretilmesi ve salınımı ile alakalı olduğunu ifade etmişlerdir.

Dubchak vd (2010), Nanomalzemelerin mikoriza üzerindeki etkilerini henüz çok az araştırma test etmiştir. Yaklaşık 150 mg / kg'lık bir toprak konsantrasyonu ile yapılan çalışmada, mikorizal mantarların ayçiçeği bitkisine (*Helianthus annuus*) gümüş nanopartiküllerin varlığıyla yanıt verdiğini, bu çalışmada nanosilver minerallerinin büyümesini engellediğini veya geciktirdiğini bulmuştur.

Feng vd (2013), Demir oksit (FeO) ve gümüş nano yapıların perlit (perlit) ve karışımdaki yonca köklerinin (*Trifolium repens*) AMF kolonizasyonunu incelemiş ve 3,2 mg / kg FeO₂'ye maruz kalmanın bir sonucu olarak biyokütlede önemli bir azalma bildirilmiştir. Nanopartiküller Demir oksit nanopartikülleri, glumalin içeriğini ve AMF tarafından P alımını azaltarak, yonca biyokütlesinin azalmasına neden olmuştur.

Gurunathan (2015), GO NP'lerin topraktan izole edilmiş rizobakteriler üzerindeki olumsuz etkisini göstermiştir (Beş *Bacillus* türü: *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. mycoides* ve *B. marisflavi*). Bu çalışmada, GO NP'ler tüm test suşlarına karşı

antibakteriyel aktivite göstermiştir. Doza ve zamana bağlı etki, *B. megaterium*'un GO'ya karşı en duyarlı olduğunu gösterdi. *B. marisflavi* en az duyarlı suştu.

Biyokimyasal bilgiler hücre canlılığı ile önemli bir uyum gösterdi ve GO'nun rizobakteriler üzerinde önemli bir toksikolojik etkiye sahip olduğunu gösterdi. Bu nedenle GO materyallerinin özenle yönetilmeli ve çevreye atılmaları engellenmelidir.

Jameel ve Al-Tai (2017)'nin yapmış olduğu uygulamalarda, çamgiller grubundan (pinaceae) üç çeşit baharat bitkisinin (kimyon, anason ve tatlı rezene) toprağına ve bunların mineral ve protein içeriğine, farklı düzeylerde NPK gübre (normal ve nano) vermenin etkilerini araştırmışlardır. Araştırmanın bulguları incelendiğinde; tatlı rezene bitkisinin toplam fosfor ve potasyumun tohum içeriğindeki üstünlüğüne karşı kimyonun azot ve protein toplam tohum içeriğindeki üstünlüğünü göstermiştir. Normal ve nano bileşik gübre olan toprak katkı gübrelerinin, incelenen özelliklerin pek çoğunun yükselmesinde ve önerilen çift veya seviyede NPK karışımında en yüksek ortalamaya ulaşılmasında önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum neticesinde, gübre türüne bağlı olarak bitkilerde iki katından daha fazla iyileşme özellikleri görüldüğü iddia edilmiştir.

Yadesa vd (2019), yapmış oldukları araştırmalarında asit reaksiyonlu toprakta kireç ve fosfor uygulamasının mısır bitkisinin gelişmesi ve P alımına etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar denemelerinde; 4 farklı toprağına kireç ihtiyacına göre kireç ve P dozları verilmiştir. Toprağına kullanılabilir P ve pH'sının inkübasyon neticesinde önemli seviyede yükselttiğini, maksimum kullanılabilir fosforun optimum kireç miktarında meydana geldiğini, değişebilir asitliğin kireç ve P uygulamasına göre önemli seviyede azaldığını saptamışlardır. Bitki kuru kütlesi ve P alımının kontrol grubuna göre kireç ve fosfor uygulaması ile önemli şekilde yükseltildiği belirlenmiştir.

1.6. Diğer Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda tarım alanlarında görülen; fiziki yapılarda bozulma, besin elementlerinde azalma, kuraklıkla birlikte besin kaynaklarında kalite ve verimi düşmüştür. Çevre dostu ,sürdürebilir insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyen kaliteli ürünler yetiştirilmek için biyo-fermente edici maddelere talep artmıştır. Ayrıca biyolojik mücadele olarak gelecek araştırmaların temeli olabileceği düşünülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda

birçok araştırma yapılmıştır. Patates bitkisine AMF ve PGPR'ler tek başlarına uygulanmalarının yanı sıra kombinasyonları da uygulanmıştır. Amaç, önceden yapılan çalışmaların sürekliliğini sağlamaktır. Fakat kolonizasyona ait hiçbir belirtinin olmadığı, morfolojik gelişim parametresinde ise artış olduğu gözlemlenmiştir (Pathak vd 2017).

AMF'un, fosfat gibi besin elementlerinin alınımını kolaylaştırmakla birlikte bitki büyümesini hızlandırdığı gözlemlenmiştir. Brassicaceae familyasına ait kolza (*Brassica napus* L.) bitkisinin, AMF ile kolonize olmadığı söylenmektedir. Arjantin'de kolza ile münavebede kullanılan soya fasulyesine (*Glycine max.*) AMF ile birlikte fosfor çözücü bakterilerden *Bacillus sp.* ve *Arthrobacter* uygulanmıştır. Soya fasulyesi üzerindeki nodül ve kolonizasyon oluşumu araştırılmıştır. Bu bitki grubunda, spor oluşumunu teşvik eden bakteriler uygulanmasına rağmen kolonizasyon görülmemiştir. Fakat bitki büyümesini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Valetti vd 2016).

Tarımsal üretimde biyotik ve abiyotik stres etkenleri kalite, verim yönünden önemli etkenlerdir. Stres koşullarında yetişen bitkiler; patojenlere karşı yatkınlık, bitki büyümesinde hormonal ve beslenme dengesizliği, fizyolojik bozukluklar gibi birçok zararlı faktöre maruz kalmaktadır. PGPR x AMF kombinasyonun bitkiyi bu faktörlerden koruduğu, bitkinin büyümesini teşvik ettiği ve biyoyararlanım sağladığı belirtilmektedir. Sinerjistik etkileşimlerin, sürdürülebilir tarımda önemli oldukları bildirilmiştir. Ayrıca stres koşullarından hem bitkiyi hem de toprak sağlığını korudukları ileri sürülmektedir (Nadeem vd 2014).

PGPR'in bitki büyümesini teşvik etmeleri, fitohormon, siderofor, proteaz, kitinaz ve selüloz gibi mekanizmalara sahip olmalarındandır. Hindistan'da sorgum bitkisinin gelişimini teşvik etmek amacıyla 7 farklı PGPR ile AMF (*Glomus fasciculatum* ve *Glomus aggregatum*) kombinasyonu uygulanmıştır. Çalışma sonucunda sadece PGPR uygulanan muamele gruplarından bazılarının iyi gelişim sağlamadıkları AMF ile kombine edilen bu grupların gelişim parametrelerinde artış olduğu fark edilmiştir (Kumar vd 2012).

Mantar-kök çoklu biyolojik gübresi normal kimyasal gübrelere oranla dörtte biri kadar bir gübreleme ile kontrole kıyasla domates kuru ağırlığını % 245 oranında artırdığı belirtilmiştir (Saber, 2001). *Azospirillum* bakterilerinin *Glomus* sp. fungusla birlikte uygulaması, sorgum bitkisinde P, N, Zn, Cu ve Fe alımını, buğdayda kök ve gövde

ağırlığını artırmıştır. *Azospirillum* bakterilerinin mantarlarla birlikte inokulasyonu çilekte özellikle kök morfolojinde değişimler ortaya çıkarmıştır (Bellone ve Bellone, 1995).

Toprakta bitki tarafından alınabilir fosfor miktarındaki düşük seviyelere bağlı olarak, bitkide fosfor noksanlıkları önemli düzeyde görülebilmektedir. Bu nedenle topraktaki mevcut çözünemez formdaki fosforun bitki tarafından alınabilir forma dönüştürülmemiş büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla farklı kimyasal uygulamalar ve mikroorganizmalar kullanılarak topraktaki fosforun elverişlilik düzeyi artırılmaya çalışılmaktadır. (Rodriguez vd 2006).

Bitki tohumlarında ve polenlerde depolanan başlıca P formu olan fitat, inositollerin birincil kaynağı ve topraktaki organik P'nin başlıca bileşenidir. Fosfotazlar ve C-P liyazlar, organofosfatların C-P bağınyı parçalayarak P'un serbest kalmasını sağlarlar (Rodriguez vd 2006).

Tarla koşullarında, ayçiçeğinde fosfat ve azot çözen bakteriler ile aşılanmanın verim ve verim unsurları üzerine etkisinin araştırıldığı çalışma sonuçları incelendiğinde, bakteri ile aşılanmanın etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Uyanöz, (2007) tarafından yapılan bir tarla çalışmasında, bio organik gübreler (Rhizobium, Vesicular Arbuscular, Ahır gübresi) ile kimyasal gübrenin (Amonyum sülfat) tek ve birlikte uygulamalarının fasulye bitkisinin verim, verim unsurları ve besin elementi alımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak bio organik gübrelerin bitki gelişmesi üzerine etkileri çevre şartları, bakteri çeşidi, bitki ve toprak şartlarına göre değişmiştir. Toprak verimliliği ve kalitesinin değerlendirilmesi açısından faydalı olan bu çalışmada, buğday anızı (BA), sığır gübresi (SG), tavuk gübresi (TG) ve üre (Ü) gübresi karıştırılmış killi tın toprak, tarla kapasitesinin % 80'i nem seviyesinde 75 günlük inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 25, 50 ve 75. günlerinde toprağın CO₂ üretimi, 75. gününde üreaz ve katalaz aktiviteleri belirlenmiştir (Uyanöz vd 2000).

Yapılan bir çalışmada organik ve inorganik durumdaki fosforu mineralize edebilen ve çözebilen bakteriler, fosfat çözücü bakteriler (PSB) olarak isimlendirilmektedir, (Khan vd 2007). *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Enterobacter* en güçlü fosfat çözücü bakteriler olmak üzere *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Erwinia*,

Flavobacterium, *Microbacterium* ve *Serratia* cinslerine ait bazı türler de fosfat çözücü bakteriler olarak değerlendirilmektedirler (Bhattacharyya ve Jha, 2012).

Bitkiler, fosforlu gübrelerin çok az bir bölümünü kullanmaktadırlar. Kimyasal gübre olarak tercih edilen çözünmüş inorganik fosfat, gübrelemenin hemen arkasından immobilize olması sebebiyle, topraklarda bulunan çözünemez durumdaki fosforun büyük bir bölümünü meydana getirmektedir (Richardson, 1994).

Topraktaki çözünmeyen fosforun mineral formu; apatit, hidroksiapatit, oksiapatit ve zayıf çözünebilen Fe, Al, Mn bileşikleri şeklinde bulunmaktadır (Rodriguez ve Fraga, 1999). Mineral fosfor; killi topraklarda fiksasyon veya adsorbsiyon yoluyla kullanılamaz hale dönüşürken, alkali topraklarda Ca-P, Mg-P gibi katyonlarla ilişki kurarak, asidik topraklarda ise Fe-P, Al-P gibi çökelme reaksiyonları nedeniyle kullanılamaz forma dönüşmektedir (Adnan vd 2017).

Şahin (2008), araştırmasında 20 farklı nohut türü ve mısır ile çalışmıştır. Araştırmacı uygulamada bakteri inoküle edilmiş. Nohut ve mısır tohumlarını değişik azot dozları vererek bulguları elde etmiştir. Çalışmanın bulgularına göre değişik türlerde ki nohutların kuru madde oranları, N konsantrasyonları ve N miktarları türlere ve azot dozlarına bağımlı olarak farklılık oluşturmuştur. Meksika, Konya Tipi ve Aziziye-94 türlerinin azot kullanım faaliyetleri hem inoküle edilmiş hem de edilememiş hallerde diğer türlerden yüksek bulunmuştur. Toprakların toplam N ve P kapsamalarında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Mısır bitkisinin kuru madde verimi ve N alımı gübre dozlarıyla doğru orantılı olarak artış göstermiş, ancak bakteri uygulamasının kuru madde üstüne istatistiksel olarak bir etkisi bulunamamıştır.

Liu ve Lal (2014), yapmış oldukları araştırmalarında sentetik apatit nano parçacıklarının soya fasulyesi (*Glycine max* L.) üstündeki gübreleme etkisini incelemek ve yorumlamak için bir sera uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Uygulamada 15.8 nm çaplı küre şeklinde ve kimyasal bileşimi saf hidroksiapatit olan partiküller tercih edilmiştir. Araştırma bulguları, geleneksel fosfor gübresi ile karşılaştırıldığında nano partiküller biçiminde verilen fosfor gübresinin soya fasulyesinin büyüme miktarını (% 32.6) ve tohum verimini (% 20.4) yükselttiğini göstermiştir. Biyokütle üretilmesi yeşil aksamda % 18.2 ve kökte ise % 41.2 oranında çoğalmıştır. Çalışmanın sonuçları; apatit nano

parçacıklarının yeni bir fosfor gübre sınıfı olarak tercih edilmesinin verimliliği yükseltebileceğini ve ötrofikasyon riskini düşürebileceğini göstermiştir.



2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal

Mikoriza ve PGPR ile nano fosfor gübre uygulamalarının mısır bitkisinin verim ve verim parametreleri üzerine olan etkilerinin incelendiği çalışmanın uygulama aşaması Kayseri ilinde gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın yapıldığı bölgenin coğrafi özellikleri aşağıda başlıklar halinde belirtilmiştir.

2.1.1. Araştırma Yerinin Konum Özellikleri

Araştırmanın uygulama aşaması Kayseri ilinde bulunan Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarları Uygulama Bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda Kayseri ili, İç Anadolu Bölgesi'nde ve 37°45' - 34°56' kuzey enlemleri ile 34°56' - 36°58' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Şehir, Orta Kızılırmak bölümünde ve Toros Dağlarına kısmen yakın konumdadır. İlin yaklaşık %40'ını tarım arazisi oluşturmaktadır. Ayrıca, bölgenin rakımı ise 1052 m'dir (<https://kayseritanitim.wordpress.com/cografi-konumu>, 2020).

2.1.2. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Kayseri ili İç Anadolu Bölgesi'nin en soğuk illerinden biridir. Kış mevsimi oldukça soğuk ve dondurucu seviyelerde iken yaz mevsimi ise hayli sıcak ve kurak geçer. Yaz ve kış mevsimleri arasında sıcaklık farkı çok fazla olduğu gibi gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı da büyük olmaktadır. Yaz mevsiminde hava sıcaklıklarının 39.8 °C seviyelerine çıktığı, kış mevsiminde ise -32.5 °C seviyelerine kadar düşebildiği görülmektedir. Kıta iklim tipi görülen Kayseri'de yağışlar daha çok ilkbahar, sonbahar ve kış aylarında yaşanmaktadır. Son yirmi yılın ortalama yağış miktarı 416 mm'dir. Bu yağışların ise %22'si sonbahar, %36'sı ilkbahar %32'si kış ve %10'u da yaz

mevsimlerinde görülmüştür. Kış mevsiminin uzun yaşandığı Kayseri’de yağışlar da kışın genellikle kar şeklindedir. En düşük yağışlar Temmuz ayında, en fazla yağışlar ise Nisan ve Mayıs aylarında yaşanmaktadır. Eylül ayına kadar bu durum sürmekte Ekim-Kasım aylarında sonbahar yağışları görülmektedir (<https://kayseri.tarimorman.gov.tr/-Menu/80/Cografi-Yapi>, 2020).

2.1.3. Araştırma Bitkisinin Özellikleri

Araştırmada, Türkiye Tarım Kredi Kooperatifleri iştiraki olan TAREKS firması tarafından geliştirilen TK 6063 kodlu hibrit dane mısır tohumları kullanılmıştır.

2.1.4. Bitki Gelişimini Teşvik Eden Materyallerin Özellikleri

Araştırmada kullanılan bitki gelişimini teşvik eden bakteri ve gübre çeşitleri aşağıda açıklanmıştır.

Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri (PGPR):

Bacillus megaterium M3 bakterisi, Fosfat çözücü özellik göstermektedir. Ayrıca, oksidaz, katalaz, nitrat redüksiyon, asetilen redüksiyon özelliklerinin pozitif olduğu ve azotsuz besi ortamında gelişebildikleri belirtilmektedir.

Bacillus subtilis bakterisi ise oksijenli solunum ya da geçici oksijenli solunum yapan, 20-30 derecede üreyen bir bakteri türüdür. Vejetatif şekilleri dayanıksız olup sporları kaynama derecelerinde birkaç saat dayanabilir. Doğada çokça bulunan bir bakteri türüdür. Panoftalmi ve İridosiklit gibi göz enfeksiyonlarına neden olabilmektedir. Özellikle sütte çoğaldıkları zaman kazeini parçalayarak zehirli maddeler, diğer besin maddelerinde üredikleri zaman ise toksin oluşturmaktadır. Bu nedenle dikkatli kullanılması gereken bir materyaldir.

Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF): Arbüsküler Mikorizal Mantarlar, konukçu bitkinin köklerinde ortakyaşam kuran obligat biyotrof canlılardır. Konukçu bitki olmadan kültür olarak çoğaltılmaları mümkün değildir. Birçok çeşitlerinin sporları toprakta bulunur ve bu sporların tamamı konukçu bitki olmadan çimlenebilmektedir. AMF’ler, mikorizal funguslar içinde en büyük grubu oluştururlar.

Diamonyum Fosfat (DAP) Gübresi: Fosfor ve Azot gibi iki önemli bitki besin elementini bir arada bulunduran Diamonyum Fosfat kompoze bir gübredir. 100 kg içerisinde 18 kg Azota karşılık 46 kg Fosforpentaoksit (P₂O₅) bulunmaktadır.

Nano Fosfor: Nanoteknoloji terimi artık günümüzde oldukça sık kullanılan ve duyulan bir terimdir ve gün geçtikçe sanayide tüm üretim kollarında ve sağlık sektöründe kullanımı yaygınlaşmakta ve insan yaşamındaki problemlere çözümler getirmektedir. Nano sözcüğü anlamını Yunanca cüce karşılığı olan ‘nanos’ kelimesinden almaktadır. Nanoparçacıklar materyallerin büyüklüğü 1 ve 100 nanometre arasında değişmektedir. Bir nanometre metrenin milyarda biri oranındadır. Nano Fosfor ise, Fosfor maddesinin bu boyutlarda üretilmiş halidir.

2.2. Yöntem

Yapılan çalışma, saksı denemesi şeklinde gerçekleştirilmiş bir çalışmadır. Bu kapsamda çalışmada, topraklara uygulanacak fosfor ve nano fosforlu fosfor kaynaklarının topraktaki elverişliliği üzerine mikoriza ve PGPR bakterilerinin etkisini belirlemek için, sera şartlarında mısır bitkisi yetiştirilmesi incelenmiştir.

Araştırmada, mısır bitkisine 0, 5, 10 ve 20 kg/da P₂O₅ olacak şekilde fosforlu gübre uygulanmıştır. Bu amaçla 2 farklı fosforlu gübre, 4 farklı fosfor dozu, kontrol, mikoriza ve PGPR olmak üzere 3 farklı fungus ve bakteri uygulaması, 3 tekrarlamalı olarak toplam 72 saksıda deneme yürütülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Mısır Bitkisinin Saksıda Filizlendirilmesi İşlemi

Çalışmada mikoriza olarak Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) kullanılmıştır. PGPR bakterisi olarak *Bacillus megaterium* M3 ve *Bacillus subtilis* izolatlarını içeren mix karışım kullanılmıştır. Fosforlu gübre olarak DAP ve laboratuvar şartlarında oluşturulacak nanofosfor kullanılmıştır.

2.2.1 Kültürel İşlemler

Çalışmanın uygulama aşmaları aşağıda listelenmiştir.

1) Toprağın Hazırlanması: İlk önce 400 kg. bahçe toprağı 4mm'lik elekten geçirilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Toprağın Hazırlanması

2) Saksıların Hazırlanması: 14/8/2020 tarihinde 72 ad. saksıya 5 kg. toprak konularakk ekim işlemine hazırlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Saksıların Hazırlanması

3) Bitki Gelişim Maddelerinin Hazırlanması: 4 farklı doz (0, 5, 10, 20) kg/ha DAP gübresi ve 2 farklı doz (10, 20) kg/ha nano fosfor hazırlanmıştır. DAP ve nano fosfor karışımları aşağıda açıklanmıştır.

DAP 0 = 0

DAP 5 = 0,28 gr. DAP gübresi

DAP 10 = 0,56 gr. DAP gübresi

DAP 20 = 1,12 gr. DAP gübresi

Nano 10 = 0.60 gr. Nano gübresi

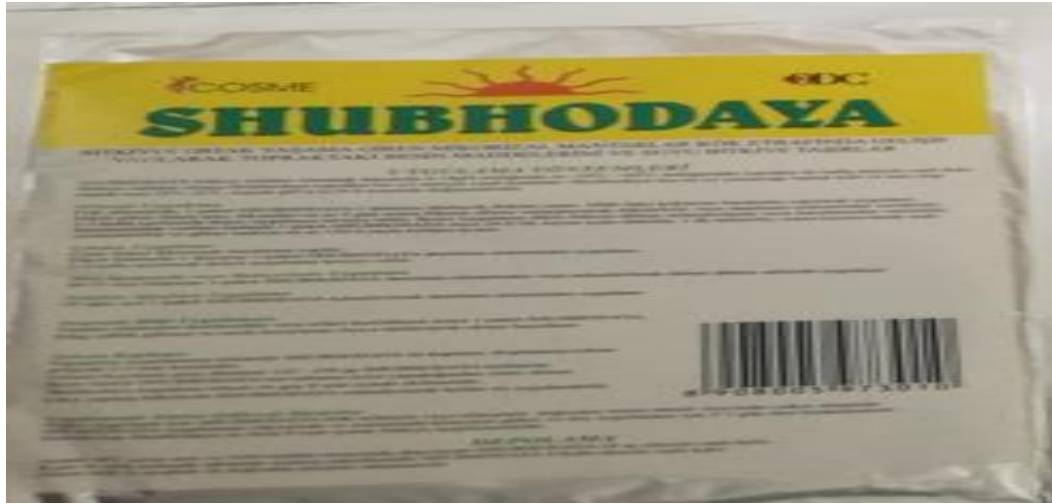
Nano 20 = 1.20 gr. Nano gübresi

5) Tohum şeklindeki mısır bitkisi ekmenden önce DAP ve Nano fosforlu gübre toprakla karıştırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Toprak, Gübre ve Bakterilerin Karıştırılması

6) Mikoriza Uygulaması: 36 saksı mikorizalı ve 36 saksı mikorizasız olmak üzere toplam 72 adet saksı hazırlanmıştır. Ticari olarak satın alınan mikoriza mantarından 1,5 gr alınıp yüzey tabakasında 5 cm derinliğindeki toprakla karıştırılmıştır.



Şekil 6. Mikoriza

7) Tohumlama: Her saksıya 5 adet mısır tohumu eklenmiştir. Ekim sırasında gübre önerilerine göre amonyum sülfat ve potasyum sülfat formunda azotlu ve potasyumlu gübre verilmiştir. Sulama işlemi her saksıya günlük 600 ml olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 7. Tohumlama ve Sulama İşlemi

8) Çimlenme: Saksılarda 20/8/2020 tarihinde çimlenme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8. Çimlenme İşlemi

9) Seyreltme/tekleme: Saksılarda 27/8/2020 tarihinde seyreltme/tekleme işlemi yapılmıştır.



Şekil 9. Seyreltme İşlemi

10) Saksılara 4/9/2020 tarihinde gübre önerilerine göre bitki yapraklarından mikro element gübre verilmiştir.

11) Saksılara 5/9/2020 tarihinde tekrar azotlu gübre verilmiştir.

12) 11/9/2020 tarihinde toprağa *Bacillus megaterium* M3 ve *Bacillus subtilis* izolatlarını içeren mix karışım PGPR bakterisi uygulanmıştır (Şekil 10-11).



Şekil 10. PGPR Bakterisi



Şekil 11. PGPR Bakterisi Ekleme İşlemi

13) 24/10/2020 tarihinde mısır bitkisini toprak yüzeyinden keserek hasat işlemi yapılmıştır.



Şekil 12. Hasat İşlemi

2.2.2. Araştırmada İncelenen Özellikler

2.2.2.1. Bitki Özelliklerinin İncelenmesi

Araştırmada aşağıda belirtilen bitki özellikleri incelenmiştir.

- Bitki boyu (cm)
- Gövde genişliği (mm)
- Bitkisel kısmın, yaprakların ve gövdenin ağırlığı



şekil 13. Ağırlık Tartım İşlemi



şekil 14. Kök Uzunluğunun lm



Şekil 15. Kök Uzunluğunun Tartılması

2.2.2.2. Bitki Analizleri

Çalışmada aşağıda belirtilen bitki analizleri yapılmıştır. Analizler, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Genel Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Bitkide toplam azot tayini: Bitki örneklerinin azot içeriği salisilik-sülfürik asit karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

Bitkide diğer elementlerin (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu ve B) tayini: Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, ve B içerikleri nitrik asit-perklorik asit ile yaş yakmaya tabii tutulduktan sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens, 2005a, b).

2.2.2.3. Toprakta Yapılan Analizler

Çalışma kapsamında, 22/12/2020 tarihinde her saksıdan ayrı ayrı olmak üzere 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak, makro ve mikro besin elementi analizleri ile toprak yapısı analizleri yapılmıştır. Analizler, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Genel Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Toprak Tekstürü: Toprakların tekstürleri Bouyoucus Hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee ve Hortage, 1986).

Toprak Reaksiyonu: Toprak pH'sı 1:2.5'lük toprak-su süspansiyonunda Potansiyometrik olarak "Cam Elektrotlu" pH metre ile ölçülmüştür (McLean, 1982).

Kireç Tayini: Toprakların kireç içerikleri Scheibler Klasimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson, 1982).

Değişebilir Katyonlar: Toprakların değişebilir katyonları Amonyum Asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra Na ve K, Ca, Mg ICP-OES Inductively Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 4300 DV, ICP/OES) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Rhoadas, 1982b).

Fosfor Tayini: Molibdofosforik mavi renk yöntemine göre oluşturulan mavi renkli çözeltinin ışık absorpsiyonu 660 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Olsen and Summers 1982).

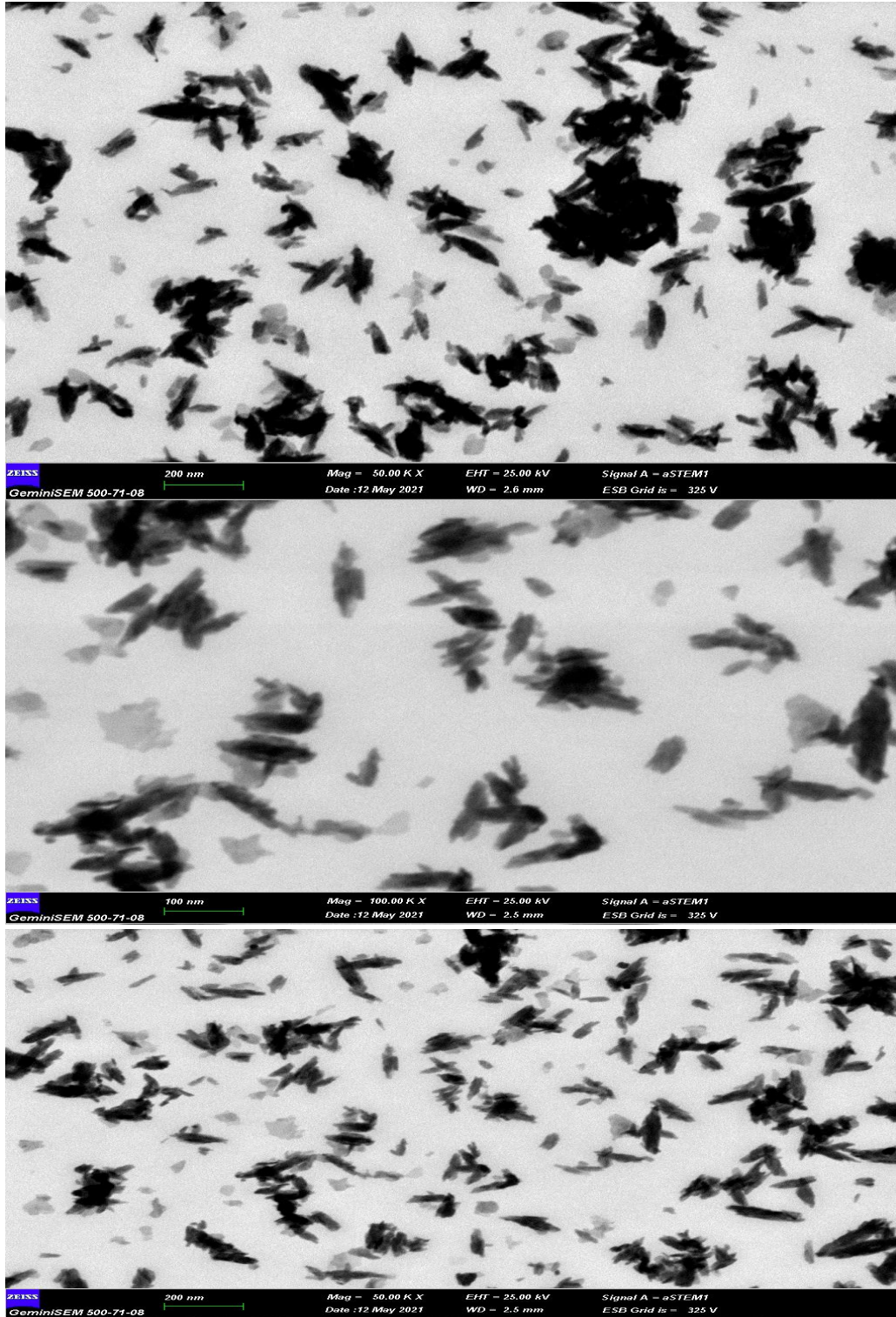
Elektriksel İletkenlik Tayini: Hazırlanan saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon çözeltilerinde elektriki kondüktivite aleti ile mmhos/cm olarak belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

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).

Nano Fosfor (NF) sentezi: Hidroksiapatit partikülleri, kalsiyum ve fosfat çözeltilerinin birlikte çökeltilmesiyle hazırlandı. Hidroksiapatit nanopartiküller sulu kalsiyum hidroksit

[Ca (OH) 2] ve ortofosforik asit (H3PO4)% 85 solüsyonlarını kullanarak. Bu deneyde Ca: P molar oranı 1.67'de tutuldu. İlk olarak 0.6 M H3P04 (250 mL) ve damla damla bir kalsiyum hidroksit süspansiyonuna (250 mL su içinde 19.29 g Ca (OH) 2) ilave edilirken mekanik çalkalama (1000 rpm) altında kuvvetlice karıştırıldı. HA nanopartiküllerinin (nHA) çökmesine izin verildi ve süpernatant döküldü. Ortaya çıkan HA nanopartiküller damıtılmış su ile iki kez yıkandı. Elde edilen katı böylece 2 saat 100EC'de kurutuldu (Mateus ve ark.,2007). Bu nano-fosforlu ürün % 41 oranında P₂O₅ içermektedir.

Nano Fosfor (NF) SEM görüntüleri: Nano fosforlu gübrenin laboratuvarda SEM mikroskobu ile incelenmesi sonucunda, oluşturulan formülasyonun nano boyutta olduğu belirlenmiştir.



Şekil 16. Nano Fosfor (NF) SEM görüntüleri

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Uygulamaların Mısır Bitkisinin Verim ve Kalite Parametreleri Üzerindeki Etkileri

Uygulamaların mısır bitkisinin genel verim parametrelerine olan etkileri incelendiğinde, gübre çeşidi, gübre dozu ve bakteri-mikoriza uygulamasının, bitki ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Denemede, kontrol grubunda (305.70 gr/saksı) olan ağırlık, artan fosfor uygulama dozuna bağlı olarak azalma göstermiştir (Tablo 3.1). Bakteri ve mikoriza uygulamaları sonucunda ise bitki ağırlığı en yüksek N20 dozunda bakteri uygulaması ile elde edilmiştir (311.10 gr). En düşük bitki ağırlığı ise N10 dozunda mikoriza uygulamasında ölçülmüştür ve (267,60 gr) görülmektedir (Tablo 3.1).

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisinde ve mikorizada doz arttıkça bitki ağırlığında önemli varyasyonlar görülmüştür. Uygulama sonucunda, N20 dozunda bakteri ve mikoriza uygulanması durumunda, kontrol grubuna göre bitki ağırlığında artışlar görülmüştür. Ancak bu artışlar istatistiksel olarak önemli olmamıştır.

Tablo 3.1. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Ağırlıkları (gr)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	305,70	293,30	269,80	276,08	286,22
	N10	267,70	307,20	267,60	281,50	281,00
	N20	273,60	311,10	283,30	289,25	289,31
Ortalama		282,33	303,87	273,57	282,28	
DAP	D0	305,70	293,30	269,80	276,08	286,22
	D5	289,70	303,20	275,50	277,60	286,50
	D10	297,50	305,80	303,20	271,55	294,51
	D20	279,70	301,60	301,60	303,03	296,48
Ortalama		293,15	300,98	287,53	282,07	

Mısır bitkisinin bitki ağırlığı üzerine DAP gübre uygulamasının etkisi incelendiğinde, kontrol grubunda artan fosfor dozuna bağlı olarak, bitki ağırlığında azalmalar görülmüştür. Bakteri ve mikoriza uygulamalarında, kontrol grubuna göre artan fosfor dozlarında, bitki ağırlığında artış meydana gelmiştir. En yüksek bitki ağırlığı Bakteri+D10 uygulamasından elde edilmiştir.

Bitkide diğer verim parametresi olan bitki boyu incelenmiş ve uygulamalara bağlı olarak, değişimler meydana gelmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, gübre çeşidi, fosfor dozu ve bakteri-mikoriza uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Yapılan deneme sonucunda, kontrol grubunda bitki boyu (110.60cm) olarak ölçülürken, artan fosfor uygulama dozunda, önemli bir değişim meydana gelmemiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Boy Uzunlukları (cm)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	110,60	108,00	111,60	115,00	111,30
	N10	106,60	112,60	107,00	111,60	109,45
	N20	104,30	111,00	105,60	112,30	108,30
Ortalama		107,17	110,53	108,07	112,97	
DAP	D0	110,60	108,00	111,60	115,00	111,30
	D5	108,00	109,60	114,30	114,60	111,63
	D10	110,00	111,00	113,00	114,00	112,00
	D20	111,60	114,00	112,30	112,60	112,63
Ortalama		110,05	110,65	112,80	114,05	

Nanofosforlu gübre uygulamaların mısır bitkisinin boy uzunlukları değerlerine olan etkileri incelendiğinde, en yüksek bitki boyununun (N0+Mikoriza+Bakteri) uygulamasından elde edildiği görülmüştür (115.00cm) ve en küçük bitki boyu ise N20 dozunda elde edilmiştir (104.30cm) .

DAP uygulamasında kontrol bitkisinde artan fosfor uygulama dozunda, önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Bakteride doz artışının bitki boyunu artırdığı tespit edilmiştir. En yüksek bitki boyu (D0+Mikoriza+Bakteri) uygulamasından elde edilmiştir (115.00cm) ve en küçük bitki boyu ise (D5) elde edilmiştir (108.00cm).

Uygulamaların mısır bitkisinin klorofil değerlerine olan etkileri incelendiğinde, Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, gübre çeşidi, fosfor dozu ve bakteri-mikoriza uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Tablo 3.3. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Klorofil Değerleri (SPAD)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	38,20	36,80	35,80	35,30	36,53
	N10	37,70	37,40	39,40	35,80	37,58
	N20	39,10	37,10	38,10	35,30	37,40
Ortalama		38,33	37,10	37,77	35,47	
DAP	D0	38,20	36,80	35,80	35,30	36,53
	D5	39,20	38,20	34,50	37,40	37,33
	D10	39,60	42,50	37,50	38,90	39,63
	D20	41,70	40,00	38,30	40,60	40,15
Ortalama		39,68	39,38	36,53	38,05	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisinde artan fosfor uygulama dozunda, önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Doz arttıkça klorofil değerinin önce azaldığı ve sonrasında tekrar yükseldiği görülmektedir. Bakteri ve Mikoriza doz artışında klorofil değerinde önemli bir değişim bulunmuştur. En yüksek klorofil değeri (N10+Mikoriza) uygulamasından elde edilmiştir(39.40).

Uygulamaların mısır bitkisinin klorofil DAP uygulamasında kontrol bitkisinde ve bakteride doz arttıkça klorofil değeri artmıştır. En yüksek klorofil değerinin (D20) tespit edilmiştir(41.70).

Uygulamaların mısır bitkisinin gövde genişliğine olan etkileri incelendiğinde, gübre çeşidi, gübre dozu ve bakteri-mikoriza uygulamasının, gövde genişliğine üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Yapılan deneme sonucunda, kontrol grubunda gövde genişliğine (27.02mm) olarak ölçülürken, artan fosfor uygulama dozuyla artış göstermiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Gövde Genişliği Değerleri (mm)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	27,02	27,72	27,17	28,37	27,57
	N10	28,58	28,08	28,91	28,04	28,40
	N20	28,95	27,61	29,20	28,71	28,62
Ortalama		28,18	27,80	28,43	28,37	
DAP	D0	27,02	27,72	27,17	28,37	27,57
	D5	27,46	27,94	27,72	27,37	27,62
	D10	28,57	27,42	29,92	28,23	28,54
	D20	27,55	27,56	29,73	29,21	28,51
Ortalama		27,65	27,66	28,64	28,30	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol ve mikoriza uygulamasında doz arttıkça gövde genişliği artmış, en yüksek gövde genişliği (N20 +Mikoriza) göstermiştir(29.20mm).

DAP uygulamasında ise, kontrol ve mikoriza bitkisinde doz arttıkça gövde genişliği artmış, en yüksek gövde genişliği (D10+Mikoriza) elde edilmiştir(29.92).

Uygulamaların mısır bitkisinin Kuru kök ağırlığına olan etkileri incelendiğinde, gübre çeşidi, gübre dozu ve bakteri-mikoriza uygulamasının, gövde genişliğine üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Denemede, kontrol grubunda (58.82gr/saksı) olan ağırlık, artan fosfor uygulama dozuna bağlı olarak azalma göstermiştir.En fazla kuru kök ağırlığının kontrol uygulamasının N0 dozunda elde edildiği (58,82gr) ve en düşük kuru kök ağırlığının kontrol uygulamasının N20 dozunda elde edildiği (51.30gr) görülmektedir Tablo (3.5).

Tablo 3.5. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Kuru Kök Ağırlığı Değerleri (gr)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	58.82	53.54	52.44	56.17	55.24
	N10	54.25	52.92	57.32	53.21	54.42
	N20	51.30	49.29	54.98	57.63	53.3
Ortalama		54.79	51.91	54.91	55.67	
DAP	D0	58.82	53.54	52.44	56.17	55.24
	D5	58.97	59.60	57.62	57.08	58.31
	D10	52.78	55.55	51.41	54.52	53.56
	D20	53.87	52.94	60.02	51.73	54.64
Ortalama		56.11	55.40	55.37	54.87	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisinde ve bakteride doz arttıkça kuru kök ağırlığının da azaldığı, mikorizada doz arttıkça kuru kök ağırlığının önce arttığı sonrasında biraz düştüğü görülmektedir. En yüksek kuru kök ağırlığının (N0) görülmektedir(58.82gr).

DAP uygulamasında, kontrol bitkisinde ve Bakteri-mikoriza artan fosfor uygulama dozunda, önemli bir değişim meydana gelmemiştir.En yüksek kök ağırlığı (D20+Mikoriza) elde edilmiştir(60.02gr).

Uygulamaların mısır bitkisinin kök boyuna olan etkileri incelendiğinde, gübre çeşidi, gübre dozu ve bakteri-mikoriza uygulamasının, kök boyuna üzerine etkisi istatistiksel

olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Yapılan deneme sonucunda, kontrol grubunda kök boyuna 87.50cm olarak ölçülürken, artan fosfor uygulama dozunda önemli varyasyonlar görülmüştür. (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Kök Boyu Değerleri (cm)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	87,50	94,60	101,10	101,80	96,25
	N10	97,10	113,30	99,10	99,00	102,13
	N20	91,80	96,30	85,80	106,60	95,13
Ortalama		92,13	101,40	95,33	102,47	
DAP	D0	87,50	94,60	101,10	101,80	96,25
	D5	83,80	90,16	98,00	97,50	92,37
	D10	85,50	91,60	99,50	97,10	93,43
	D20	98,00	86,00	98,80	93,60	94,10
Ortalama		88,70	90,59	99,35	97,50	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisinde ve bakteride doz arttıkça kök boyunun önce arttığı sonrasında tekrar düştüğü, mikoriza’da doz arttıkça kök boyunun azaldığı görülmektedir. En yüksek kök boyunun (N10+Bakteri) tespit edilmiştir(113.30cm).

DAP uygulamasında, kontrol bitkisinde doz arttıkça kök boyunun önce azaldığı sonrasında tekrar arttığı, bakteri ve mikoriza’da doz artışıyla birlikte kök boyunda azalış, artış ve tekrar azalış gözlemlenmiştir. En yüksek kök boyu (D0+Mikoriza+Bakteri) görülmüştür(101.80cm).

3.2. Uygulamaların Mısır Bitkisinin Yaprak Besin Element İçeriği Üzerindeki Etkileri

Uygulamada mısır bitkisinin yaprak azot N değerleri incelenmiştir. Buna göre, en yüksek yaprak N içeriği N20 dozundan elde edilmiştir (%0.95). DAP gübresinde ise artan doza bağlı olarak yaprak N içeriğinde azalma meydana gelmiştir. DAP0 uygulama dozunda yaprak N içeriği %0.86 mg/kg olarak ölçülürken, DAP20 dozunda yaprak N içeriği %0.70 mg/kg olarak belirlenmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Azot N Değerleri (mg/kg)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	0,86	0,82	0,84	0,73	0,81
	N10	0,93	1,17	0,83	0,94	0,97
	N20	0,95	1,03	0,67	0,43	0,77
Ortalama		0,91	1,01	0,78	0,70	
DAP	D0	0,86	0,82	0,84	0,73	0,81
	D5	0,76	0,66	0,64	0,72	0,69
	D10	0,65	1,08	0,72	0,70	0,79
	D20	0,70	0,83	0,65	1,04	0,81
Ortalama		0,74	0,85	0,71	0,80	

Nanofosfor gübrelere farklı dozlarının mısır bitkisinin yaprak Azot içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde, kontrol artan fosfor dozuna bağlı olarak artmıştır. En yüksek yaprak N içeriği N20 dozundan elde edilmiştir (%0.95mg/kg).

Nanofosfor uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak N miktarı Bakteri+N10 uygulamaları ile elde edilmiştir. Mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamalarında ise kontrole göre daha düşük yaprak N içeriği belirlenmiştir.

DAP gübresinde ise artan doza bağlı olarak yaprak N içeriğinde azalma meydana gelmiştir. DAP0 uygulama dozunda yaprak N içeriği %0.86mg/kg olarak ölçülürken, DAP20 dozunda yaprak N içeriği %0.70 mg/kg olarak belirlenmiştir. DAP uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak N miktarı Bakteri+D10 elde edilmiştir.

Uygulamada mısır bitkisinin yaprak fosfor P değerleri incelenmiştir. Buna göre; en yüksek yaprak P içeriği DAP10 kontrol dozundan elde edilmiştir (2128.34ppm).

Nanofosfor gübresinde kontrol dozunda artan doza bağlı olarak yaprak P içeriğinde artmıştır. En yüksek yaprak P içeriğinde miktarı N20 uygulama dozunda yaprak P içeriği 2101.4ppm elde edilmiştir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Fosfor P Değerleri (ppm)

Yaprak P		Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	1826.86	1885.61	1696.1	2083.7	1873.0675
	N10	1916.15	2010.54	1688.99	1977.91	1898.3975
	N20	2101.4	1850.35	1855.55	1822.73	1907.5075
Ortalama		1948.13666	1915.5	1746.88	1961.44666	
DAP	D0	1826.86	1885.61	1696.1	2083.7	1873.0675
	D5	1986.15	2228.14	1888.67	2167.32	2067.75
	D10	2128.34	1935.25	1993.16	2205.14	2065.4725
	D20	2053.15	2219.33	1866.97	2225.91	2091.34
Ortalama		1998.625	2067.0825	1861.225	2170.5175	

DAP uygulamasında kontrol dozunda artan fosfora bağlı olarak artmıştır. Daha sonra D20 kontrol dozunda azalma görmüştür. Bakteri ile birlikte, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak P miktarı Bakteri uygulamaları ile (Bakteri+D5) elde edilmiştir.

Uygulamada mısır bitkisinin yaprak potasyum K değerleri incelenmiştir. Buna göre; en yüksek yaprak K içeriği N20 kontrol dozundan elde edilmiştir (21948.85 ppm). (Tablo 3.9).

Tablo 3.9. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Potasyom K Değerleri (ppm)

Yaprak K		Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	20391.24	20896.91	19351.94	21997.25	20659.335
	N10	20797.51	21809.41	20117.84	21017.01	20935.4425
	N20	21948.85	21791.81	19941.10	19980.17	20915.4825
Ortalama		21045.866	21499.376	19803.626	20998.14333	
DAP	D0	20391.24	20896.91	19351.94	21997.25	20659.335
	D5	21598.38	23942.57	20751.39	24053.55	22586.4725
	D10	21390.21	19903.04	21124.48	21620.14	21009.4675
	D20	19615.84	22088.54	17481.33	20609.08	19948.6975
Ortalama		20748.917	21707.765	19677.285	22070.005	

Nanofosfor uygulaması kontrol artan dozuna bağlı olarak yaprak K içeriğininide artırmıştır. En yüksek yaprak K miktarı (mikoriza+bakteri+N0 21997.25) uygulamaları ile elde edilmiştir.

DAP gübresinde ise artan doza bağlı olarak yaprak K içeriğinde azalma meydana gelmiştir. En yüksek yaprak K içeriğinde (Bakteri+DAP20 22088.54ppm) elde edilmiştir.

Uygulama sonucunda elde edilen mısır bitkisinin yaprak kalsiyum Ca değerleri şu şekildedir:

En yüksek yaprak Ca içeriği DAP0 kontrol dozunda ve Nanofosfor N0 dozundan elde edilmiştir (4964.57ppm). DAP20 uygulama dozunda yaprak Ca içeriği 3268.92 olarak ölçülürken, Nanofosfor dozunda yaprak Ca içeriği 2840.42 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.10).

Tablo 3.10. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Kalsiyum Ca Değerleri (ppm)

Yaprak Ca		Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	4964.57	2150.77	2038.68	2194.12	2837.035
	N10	2092.25	2967.06	2592.85	2146.23	2449.5975
	N20	2840.42	2555.58	2561.79	2418.74	2594.1325
Ortalama		3299.08	2557.803	2397.773	2253.03	
DAP	D0	4964.57	2150.77	2038.68	2194.12	2837.035
	D5	3098.51	3369.95	2522.19	2892.83	2970.87
	D10	2222.36	3502.23	3077.31	2156.77	2739.6675
	D20	3268.92	2617.46	2395.27	2185.34	2616.7475
Ortalama		3388.59	2910.1025	2508.3625	2357.265	

Nanofosfor uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak Ca miktarı bakteri uygulamaları ile (Bakteri+N10) elde edilmiştir.

DAP uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak Ca miktarı Bakteri uygulamaları (Bakteri+D10) ile elde edilmiştir.

Uygulama sonucunda elde edilen mısır bitkisinin yaprak kükürt S değerleri şu şekilde gerçekleşmiştir:

En yüksek yaprak S içeriği Nanofosfor N20 dozundan elde edilmiştir (1399.99ppm). DAP gübresinde ise artan doza bağlı olarak yaprak S içeriğinde azalma meydana

gelmiştir. DAP5 uygulama dozunda yaprak S içeriği 1205.25 olarak ölçülürken, DAP20 dozunda yaprak S içeriği 1058.45 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Kükürt S Değerleri (ppm)

Yaprak S		Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	1024.15	1015.56	979.63	1166.54	1046.47
	N10	1109.99	1104.35	1020.6	1059.35	1073.5725
	N20	1399.99	1103.28	958.19	1026.15	1121.9025
Ortalama		1178.043	1074.396	986.14	1084.0133	
DAP	D0	1024.15	1015.56	979.63	1166.54	1046.47
	D5	1205.25	1199.89	1112.17	1247.35	1191.165
	D10	1081.18	1073.89	1060.65	1111.27	1081.7475
	D20	1058.45	1193.65	895.86	1122.85	1067.7025
Ortalama		1092.257	1120.747	1012.077	1162.002	

Nanofosfor uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak S miktarı mikoriza+bakteri uygulamaları ile (Mikoriza+Bakteri+N0) elde edilmiştir.

DAP uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak S miktarı mikoriza+bakteri uygulamaları ile (Mikoriza+Bakteri+D5) elde edilmiştir.

Uygulama sonucunda elde edilen mısır bitkisinin yaprak Magnezyum Mg değerleri şu şekilde gerçekleşmiştir:

Uygulama sonucunda; en yüksek yaprak Mg içeriği DAP5 dozundan elde edilmiştir (1582.77ppm). Nanofosfor gübresinde ise artan doza bağlı olarak yaprak Mg içeriğinde önemli varyasyonlar görülmüştür. N20 uygulama dozunda yaprak Mg içeriği 1421.3 olarak ölçülürken, DAP20 dozunda yaprak Mg içeriği 1310.44 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.12).

Tablo 3.12. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Mısır Bitkisinin Yaprak Magnezyum Mg Değerleri (ppm)

Yaprak Mg		Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	1389.75	1294.82	1136.71	1234.14	1263.855
	N10	1311.17	1460.73	1211.95	1265.55	1312.35
	N20	1421.3	1504.11	1127.65	1164.95	1304.502
Ortalama		1374.073	1419.886	1158.77	1221.546	
DAP	D0	1389.75	1294.82	1136.71	1234.14	1263.855
	D5	1582.77	1642.74	1135.94	1359.99	1430.36
	D10	1379.18	1842.97	1270.42	1185.25	1419.455
	D20	1310.44	1480.37	1166.90	1206.87	1291.145
Ortalama		1415.533	1565.225	1177.492	1246.562	

Nanofosfor uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak Mg miktarı bakteri uygulamaları ile elde edilmiştir.

DAP uygulaması ile birlikte bakteri, mikoriza ve mikoriza+bakteri uygulamaları sonucunda, en yüksek yaprak Mg miktarı Bakteri uygulamaları ile elde edilmiştir.

3.3. Uygulamaların Toprak Parametreleri Üzerindeki Etkileri

Uygulama Sonucunda Elde Edilen Toprağın pH Değerlerine göre, en yüksek pH değerinin N0 ve D0 dozunda elde edildiği (7,72) ve en düşük pH değerinin ise D20 dozunda elde edildiği (7,13) görülmektedir Tablo (3.13).

Tablo 3.13. Uygulama Sonucunda Toprağın pH Değerleri

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	7,70	7,72	7,45	7,45	7,58
	N10	7,54	7,54	7,59	7,36	7,51
	N20	7,45	7,53	7,45	7,49	7,48
Ortalama		7,56	7,60	7,50	7,43	
DAP	D0	7,70	7,72	7,45	7,45	7,58
	D5	7,36	7,46	7,17	7,75	7,44
	D10	7,53	7,50	7,55	7,70	7,57
	D20	7,13	7,13	7,53	7,43	7,31
Ortalama		7,43	7,45	7,43	7,58	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisi ve bakteri ilaveli bitkide doz arttıkça pH değerinin azaldığı, mikoriza'da doz arttıkça pH değerinde önce artış sonrasında ise

başlangıçtaki değere geri döndüğü görülmektedir. Mikoriza+Bakteri uygulamasında ise doz arttıkça önce azalma sonrasında ise yine artış meydana gelmiştir.

DAP uygulamasında ise, kontrol ve bakteri doz arttıkça pH değerinde düşüş, Mikoriza'da doz arttıkça önce düşüş sonra yeniden yükseliş görülmüştür. Mikoriza+Bakteri uygulamasında, doz arttıkça pH değerinde önce artış yaşanmış D20 dozunda ise yeniden bir düşüş görülmüştür.

En fazla pH değeri Nanofosfor için bakteri uygulamasında, DAP için ise Mikoriza+Bakteri uygulamasında elde edilmiş; en küçük pH değeri ise, Nanofosfor için Mikoriza+Bakteri uygulamasında ve DAP için hem kontrol hem de mikroziya'da elde edilmiştir.

Uygulama sonucunda elde edilen toprağın elektrik iletkenlik (EC) değerlerine göre, en yüksek EC değerinin N20 dozunda elde edildiği (940,0) ve en düşük EC değerinin ise D5 dozunda elde edildiği (603,60) görülmektedir (Tablo3.14).

Tablo 3.14. Uygulama Sonucunda Toprağın EC Değerleri mmhos/cm

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	666,70	669,40	805,20	892,10	758,35
	N10	880,90	882,60	899,60	815,50	869,65
	N20	875,20	852,30	940,00	850,10	879,40
Ortalama		807,60	801,43	881,60	852,57	
DAP	D0	666,70	669,40	805,20	892,10	758,35
	D5	881,60	812,60	918,00	603,60	803,95
	D10	723,60	767,50	767,20	699,70	739,50
	D20	829,30	854,80	797,90	836,80	829,70
Ortalama		775,30	776,08	822,08	758,05	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisi ve bakteri ilaveli bitkide doz arttıkça EC değerinde önce artış sonra azalış yaşandığı, mikoriza'da doz arttıkça EC değerinin arttığı görülmektedir. Mikoriza+Bakteri uygulamasında ise doz arttıkça önce azalma sonrasında ise nisbi bir artış kaydedilmiştir.

DAP uygulamasında ise, kontrol, bakteri Mikoriza'da doz arttıkça EC değerinde önce artış ve sonrasında düşüş görülmüştür. Mikoriza+Bakteri uygulamasında, doz arttıkça

EC değerinde önce büyük bir düşüş yaşanmış sonrasında ise yeniden bir yükseliş görülmüştür.

Uygulama sonucunda toprağın kireç değerine olan etkileri incelendiğinde, en yüksek kireç değerinin farklı uygulamalarda tüm dozlarda elde edildiği (1,62) ve en düşük kireç değerinin ise N20 ve D20 dozunda elde edildiği (0,81) görülmektedir (Tablo 3.15).

Tablo 3.15. Uygulama Sonucunda Toprağın Kireç Değerleri

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	1,62	1,62	1,13	1,46	1,46
	N10	1,62	0,97	1,62	1,13	1,34
	N20	1,13	0,81	1,62	1,13	1,17
Ortalama		1,46	1,13	1,46	1,24	
DAP	D0	1,62	1,62	1,13	1,46	1,46
	D5	1,78	1,78	1,30	1,30	1,54
	D10	1,46	1,13	1,62	1,46	1,42
	D20	0,81	0,81	1,46	1,46	1,14
Ortalama		1,42	1,34	1,38	1,42	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisi ve bakteri ilaveli bitkide doz arttıkça kireç değerinin azaldığı, mikoriza'da doz arttıkça kireç değerinin arttığı görülmektedir. Mikoriza+Bakteri uygulamasında ise doz arttıkça kireç değeri azalmış ancak N10 ve N20 dozlarında aynı oranda kalmıştır.

DAP uygulamasında ise, kontrol ve bakteri uygulamasında doz arttıkça kireç değerinde önce artış sonrasında ise düşüş görülmüştür. Mikoriza'da doz arttıkça kireç değeri artmış ve Mikoriza+Bakteri uygulamasında ise, doz arttıkça kireç değerinde önce düşüş yaşanmış sonrasında ise yeniden bir yükselerek D10 ve D20 dozlarında sabit kalmıştır.

Tablo 3.16. Uygulama Sonucunda Elde Edilen Toprağın Fosfor Değerleri (ppm)

Uygulama Türü	Uygulama Dozu	Kontrol	Bakteri	Mikoriza	Mikoriza+Bakteri	Ortalama
Nanofosfor	N0	15,90	20,63	18,42	18,71	18,42
	N10	18,78	20,48	17,83	17,09	18,55
	N20	18,12	20,34	19,30	15,65	18,35
Ortalama		17,60	20,48	18,52	17,15	
DAP	D0	15,90	20,63	18,42	18,71	18,42
	D5	17,24	21,96	19,60	20,19	19,75
	D10	36,28	25,43	24,77	25,36	27,96
	D20	26,84	27,57	30,53	30,38	28,83
Ortalama		24,06	23,90	23,33	23,66	

Nanofosfor uygulamasında, kontrol bitkisinde doz arttıkça fosfor değerinin önce arttığı ve sonrasında biraz düştüğü görülmektedir Bakteri’de doz artışı fosfor değerinin azalmasına neden olmuştur. Mikoriza’da doz artışıyla fosfor değeri önce azalmış sonra tekrar yükselmiştir. Mikoriza+Bakteri uygulamasında ise doz arttıkça fosfor değeri azalmıştır.

DAP uygulamasında ise, kontrol bitkisinde fosfor değeri D20 dozuna kadar artmış D20 dozunda tekrar düşmüştür. Bakteri, Mikroziya ve Mikoriza+Bakteri’de doz arttıkça fosfor değeri artmıştır.

Mısır tohumlarının ortalama fosfor değerleri incelendiğinde, Nanofosfor uygulamasında doz artışıyla birlikte fosfor değerinin önce arttığı sonrasında azaldığı, DAP uygulamasında ise, doz artışıyla birlikte fosfor değerinin arttığı ifade edilebilir. Bunun yanında, en fazla fosfor değerinin kontrol bitkisinde ve en az fosfor değeri ise Mikoriza+Bakteri uygulamasında elde edilmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemiz topraklarında verimi sınırlayan elementlerin başında azot ve fosfor gelmektedir. Bu besin maddelerinin toprağa kimyasal gübre olarak ilave edilmesi, üretim maliyetleri ve çevreye zararlı olan etkileri nedeni ile birçok olumsuzluğu da beraberinde getirebilmektedir. Buna karşılık biyolojik yollarla elde edilen besin maddelerinin bitkilerin yararına olacak şekilde kullanılması ucuz ve doğal yöntemler olarak öne çıkmaktadır. Bu kapsamda, Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) bitkilerle birlikte ortak yaşam formuna girerek özellikle fosfor olmak üzere bitkinin topraktan alamayacağı miktardaki besin maddelerini miselleri ile alarak bitkiye iletmektedirler.

Ülkemizde mikorizalara ilişkin araştırmalar oldukça yenidir. Son yıllarda bu hususta önemli projeler yürütülmeye başlanmıştır. Yapılan çalışmalardan elde edilen çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması ile de, toprak kaynaklı hastalıklarla mücadele daha etkili yapılmaya ve bitki veriminde gözle görülen bir artış elde edilmeye başlanmıştır.

Ülkemiz topraklarının genel özellikleri nedeni ile bitki tarafından alınabilir fosfor miktarı oldukça düşüktür. Bitki tarafından alınabilir fosfor miktarının elverişliliğinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, farklı dozlarda uygulanan Nano fosfor ve DAP gübre uygulamalarının, mısır bitkisinin verim parametreleri ile yaprak besin içeriği üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada, farklı dozlarda DAP ve nano fosfor gübre uygulamalarının, etkinliğini artırmak için bakteri, mikoriza ve bakteri+mikoriza uygulamaları yapılmıştır. Çalışma sonucunda, mısır bitkisinde, bitki ağırlığı, bitki boyu, kök ağırlığı ve yaprak besin element içeriğinde istatistiksel olarak önemli değişiklikler görülmemiştir.

Ancak sera koşullarında yapılan bu çalışmanın arazi koşullarında ve farklı toprak özelliklerine sahip topraklarda da yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan

toprak örneği ile iklimsel faktörlere bağlı olarak elde edilen bu sonuçların, kalibrasyonu ve etkinlik değerlendirmesinin en az iki yıllık arazi çalışmasıyla yürütölmesi kanaatine varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Abbott, L.K. & Robson, A.D. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agric. Ecosyst. Environ.** **35**:121-150.
- Adesemoye, A.O. Obini, M. & Ugoji, E.O. 2008. Comparison of plant growth promotion with *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis* in three vegetables. **Brazilian J. Microbiol.** **39**:423-426.
- Adnan, M., Shah, Z., Fahad, S., Arif, M., Alam, M., Khan, I.A., Mian, I.A., Basir, A., Ullah, H., Arshad, M. 2017. Phosphate-solubilizing bacteria nullify the antagonistic effect of soil calcification on bioavailability of phosphorus in alkaline soils. **Nature Sci. Rep.**, **7**, 16131.
- Alizadeh, O., & Nadian H.A. 2010. Evaluation effect of water stress and Nitrogen rates on the amount of absorption of som macro and micro elements in Corn Plant Mycorrhizae and Non-Mycorrhizae. **Res.Bio.Sci.J.**5(5):350-355.
- Al-Maliki, S., & AL-Masoudi, M. 2018. Interactions between mycorrhizal fungi, tea wastes, and algal biomass affecting the microbial community, soil structure, and alleviating of salinity stress in corn yield (*Zea mays* L.). **Plants**,7(3),63.
- American, M.R., Stewart, W.S. & Griffiths, H. 2001. Effects of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations maize (*zea mays*). **Aspects of Applied Biology.** **63**:73-76.
- Bagyaraj, D. J. 1991. *Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae*. In: D.K. Arora *et al.* (Eds.) Handbook of Applied Mycology. Soil and Plants. Vol. 1. Marcel Dekker. USA.
- Bagyaraj, D.J., & Manjunath, A. 1981. Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-dissolving bacterium (*Bacillus circulans*) on plant growth and 32p-uptake. **Soil. Biol. Biochem.**13:105-108.
- Beech, I.B., Paiva, M. Caus, M., & Coutinho, C. 2001. *Enzymatic activity and within biofilms of sulphate-reducing bacteria*. In: P. G. Gilbert, D. Allison, M. Brading, J. Verran and J. Walker (eds.), Biofilm Community Interactions: chance or necessity? **BioLine**, **231- 239**. Cardiff, UK.

- Bellone, C.H., & Bellone, S.C. 1995. Morphogenesis strawberry roots infected by *Azospirillum brasilense* and *V.A. mycorrhiza*. **NATO ASI Ser. SerG.37**: 251-255.
- Benzon, H.R.L., Rubenecia, M.R.U., Ultra, Jr.V.U., & Lee, S.C. 2015. Nano-fertilizer affects the growth, development, and chemical properties of rice. **International Journal of Agronomy and Agricultural Research**, **7**(1): 105-117.
- Bhattacharyya, P.N., & Jha, D.K. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World J. Microbiol. Biotechnol.**, **28**, 1327–1350.
- Bi, Y.L., Li, X.L., & Christie, P. 2003. Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorus by red clover from a lowphosphorus soil amended with zinc and phosphorus. **Chomosphere**, **50**(6): 831-837.
- Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus by plants. **Plants and Soil**, **134**: 53-63.
- Bolat, Y.N. 2006. *Doğal Ekosistemde Bulunan Mikoriza Türlerinin Kültür Bitkilerine Adaptasyonunun Sağlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bozdoğan, D. 2019. Tuzcul *salsola grandis* bitkisi rizosfer koşullarından bitki gelişimini destekleyen rizobakteri izolasyonu ve biyogübre olarak kullanım potansiyelinin araştırılması. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- 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.
- Cakmakci, R., Donmez, M.F., & Erdoğan, U.G. 2007. 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.
- Cebel, N. 1989. <http://www.bahcebiz.com/tr/default.aspx>, Erişim Adresi: 22.07.2020.

- Chen, X., Song, F., Liu, F., Tian, C., Liu, S., Xu, H., & Zhu, X. 2014. Effect of Different Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Physiology of Maize at Ambient and Low Temperature Regimes. **Sci.World J. Article**, 1- 7.
- Civelek, C. 2017. *Bakteri ve farklı gübre kombinasyonlarının karnabahar (Brassica oleracea L. var. botrytis)'da bitki gelişimi, verim ve kalite özelliklerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- Curtis, E.S. 1999. *Mycorrhizae and soil phosphorous levels*. Area Extension Agent (Horticulture). Colorado State University Cooperative Extension Tri River Area.
- Cripps, C.L. 2001. *Mycorrhizal Fungi of Apsen Forests: Natural Occurrence and Potential Applications*, USDA Forest Service, RPMRS-P-18.
- Davis, R.M. 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* on *Thielaviopsis basicola* Root Rot of Citrus. **Plant Dis.** **64**: 839 - 840.
- Daniels, B.A., & Menge, J.A. 1981. Evaluation of the Commercial Potential of the Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungus, *Glomus epigaeus*. **New Phytol.****87**,345-354.
- De Miranda, J.C.C., Harris, P.J., & Wild, A. 1989. Effects of soil and plant phosphorus concentrations on vesicular-arbuscular mycorrhizae in sorghum plants. **New Phytologist** **112**:405-410.
- Delen, Y., Gürbüz, B., Uyanık, M., & Palalı, S. 2013. Farklı bakteri aşılama yöntem ve dozlarının çemen (*Trigonella foenum-graecum L.*)'in verim ve bazı morfolojik özellikleri üzerine etkileri. **X. Tarla bitkileri kongresi**, Konya.
- Demirbilek, M.E. 2015. Tarımda ve gıdada nanoteknoloji. **Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science- Technology**, **15**: 46-53.
- Demirci, Ş.V., & Doğan, M. 1995. Toprakta Fosfor Analizi, Önemi ve Uygulaması. X. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler genel müd., Yayınları, No: 1736. Ankara.
- Demiralay, İ. 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları No, 143. Erzurum.

- Dietz, K.J., & Herth, S. 2011. Plant nanotoxicology, **Trends in Plant Science**, **16** (11), 582– 589. doi:10.1016/j.tplants.2011.08.003.
- Dodor, D.E., Hwang, H.M., & Ekunwe, S.N. 2003. Oxidation of anthracene and benzo(a)pyrene by immobilized laccase from trametes versicolor. **Enzyme microb technol** **35**:210-217.
- Dobbelaere, S., Vanderleydena, J., & Okon, Y. 2003. Plant growth -promoting effects of diazotrophs in the reviews in plant. **Sciences**. **22**:107-149.
- Du, W., Sun, Y., Ji, R., Zhu, J., Wu, J., & Guo, H. 2011. TiO₂ and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil, **Journal of Environmental Monitoring**, **13** (4), 822. doi:10.1039/c0em00611d.
- Dubchak S., Ogar A., Mietelski J.W., & Turnau, K. 2010 Influence of silver and titanium nanoparticles on arbuscular mycorrhiza colonization and accumulation of radiocaesium in Helianthus annuus. **Span J Agric Res** **8**:S103–S108.
- Ekici, M., Yıldırım, E., & Kotan, R. 2015. Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokkoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **28**(2): 53-59.
- Erzurumlu, S.G., & Kara, E.E. 2014. Mikoriza Konusunda Türkiye’de Yapılan Çalışmalar Studies on Mycorrhiza in Turkey, **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi** **7**, (2): 55-65, ISSN: 1308-0040.
- Feng, Y., Cui, X., He, S., Dong, G., Chen, M., Wang, J., Lin, X. 2013. The role of metal nanoparticles in influencing arbuscular mycorrhizal fungi effects on plant growth. **Environ Sci Technol** **47**:9496–9504.
- Fitter, A.H., & Garbaye, J. 1994. Interactions Between Mycorrhizal Fungi and Other Soil Organism. **Plant and Soil**, **159** (1), p: 123 - 133.
- Gee, G.W., & K.H. Hortage, 1986. Particle- Size Analysis. Methods of Soil Analysis. Part Physical and Minerological Methods Secand Edition. **Agronomy No: 9**. 2. Edition P: 383-441.

- George, E. 2000. *Nutrient Uptake, Contribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Plant Mineral Nutrition*. In: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Eds. By Kapulnik and D.D. Douds, Jr. Kluwer academic Publishers. London.
- Gerhardt, K.E., Macneill, G.J., Gerwing, P.D., & Greenberg, B.M. 2017. Phytoremediation of salt- impacted soils and use of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to enhance phytoremediation. **Phytoremediation**, 19-51.
- Guerin-Laguet, A., Conventi, S., Ruiz, G., Plassard, C., & Mousain, D. 2003. The Ectomycorrhizal Symbiosis between *Lactarius deliciosus* and *Pinus silvestris* in Forest Soil Samples: Symbiotic Efficiency and Development on Roots of a rDNA Internal Transcribed Spacer-Selected Isolate of *L.deliciosus*, **Mycorrhiza**, **13** (1): 17-25.
- Gupta, R., Satyanarayana, T., & Garg, S. 2000. *Ectomycorrhiza – An Overview*, In: *Mycorrhizal Biology*, (Ed.by K.G.Mukerji, B.P.Chamola, J.Singh), **Kluwer Academic**, 27-44.
- Gurunathan S. 2015. Cytotoxicity of graphene oxide nanoparticles on plant growth promoting rhizobacteria. **J Ind Eng Chem** **32**:282–291.
- Güneş, A., Turan, M., Güllüce, M., Şahin, F., & Karaman, M.R. 2013. Farklı bakteri uygulamalarının kaya fosfatının çözünürlüğü üzerine etkisi. **Toprak Su Dergisi**, **2**(1).
- Gyaneshwar, P., Naresh, K.G., Parekh, L.J., & Poole, P.S. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant and Soil**, **245**: 83–9.
- Hassani, A., Tajali, A.A., & Mazinani, S.M.H. 2015. Studying the conventional chemical fertilizers and nano-fertilizer of iron, zinc and potassium on quantitative yield of the medicinal plant of peppermint (*Mentha piperita* L.) in Khuzestan. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, **3**(4): 1078-1082.
- Hayman, D.S. 1981. Mycorrhiza and its Significance in Horticulture. **The Plantsman**, **2**, part: 4, p: 214 -224.

- Hayman, D.S. 1982. Endomycorrhizae. In: Interactions between Non-Pathogenic Soil Micro-organisms and Plants (Ed. by Y. R. Dommergues & S. V. Krupa), pp. 401-442. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Holford, I.C.R. 1997. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Aust J Soil Res** **35**:227–239.
- <https://kayseri.tarimorman.gov.tr/Menu/80/Cografı-Yapı>, Erişim tarihi: 14.02.2020.
- <https://kayseritanitim.wordpress.com/cografı-konumu>, Erişim tarihi: 14.02.2020.
- 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.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M.N., Yakışır, E., & Okur, O. 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. **Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR**, **12**(2): 1-19.
- Jameel, D.A., & Al-Tai, A.A.S. (2017). Effect of NPK Compound Fertilizer Normal and Nano on Mineral and Protein Content of Three Species of a piaceae Plants, *Journal of Global Pharma Technology*, **12**(09), 341-348.
- 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. **Ann. Microbiol.** **57**:177-183.
- Ji, L., Tan, W., & Chen, X. 2019. Arbuscular mycorrhizal mycelial networks and glomalin-related soil protein increase soil aggregation in calcaric regosol under well-watered and drought stress conditions. **Soil and Tillage Research**, **185**, 1-8.
- Kacar, B., & Katkat, V. 2007. *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*. Nobel Yayın No: 1119. Fen ve Biyoloji Yayın Dizisi:34 ISBN 978-9944-77-159-7.2. Basım, s.1-538 Ankara.
- Karaca, Y.N. 2006. Mikoriza Ve Elementer Kükürtün Bitki Tarafından Toprakta Fosfor Alimina Etkisi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., & Miller, T.D. 1980. Effects of rhizosphere colonization by plant growth promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. **Phytopathology**, **70**, 1078–1082.
- Khan, M.S., Zaidi, A., & Wani, P.A. 2007. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. **Agronomy for sustainable development**, **27**, 29-43.
- Korkmaz, K., İbrikçi, H., Karnez, E., Büyük, G., Ülger, A. C., Yağbasanlar, T., Oğuz H., & Konuşkan, O. 2004. Wheat Resto Phosphorus Fertilizer Application on Calcareous Soils Under Greenhouse Conditions. Proceedings of The International Soil Congress. (CD-Book). Erzurum.
- Kumar, P. G., Kishore, N., Amalraj, D, E.L., Ahmed, H, S.K.M., Rasul, A., & Desai, S. 2012. Evaluation of fluorescent *Pseudomonas* spp. with single and multiple PGPR traits for plant growth promotion of sorghum in combination with AM fungi. **Plant Growth Regul**, **67**:133–140.
- Lambert, D.H., Baker, D.E., & Jole, H. Jr. 1979. The Role of mycorrhizae in the interactions of phosphorous with zinc, copper, and other elements1. **Soil Sci. Soc. Am. J.** **43**:976-980.
- Lin, D., & Xing, B. 2008. Root uptake and phytotoxicity of ZnO nanoparticles. **Environ. Sci. Technol.** **42**, 5580–5585.
- Lindermann, R.G. 1994. *Role of VAM in Biocontrol*. In: Pflieger FL, Linderman RG. eds. Mycorrhizae and Plant Health. St. Paul: **American Phytopathological Society**, 1–26.
- Liu, R., & Lal, R., 2014. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (**Glycine max**). **Scientific Reports**, **4**: 1-6.
- Marschner, H. 1995. Mycorrhizas. Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition), Academic Press. p: 566 - 595.
- Mateus, A.Y.P., Ferraz, M.P., & Monteiro, F.J. 2007. Microspheres based on hydroxyapatite nanoparticles aggregates for bone regeneration. **Key Eng. Mater.**, **330**: 243-246.

- 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**, 199-224.
- Menge, J.A., Labanauskas, C.K., Johnson, E.L.V. & Platt, R.G. 1978. Partial Substitution of Mycorrhizal Fungi for Phosphorous Fertilization in the Greenhouse Culture of Citrus. **Soil Sci. Soc. Am. J. 42**: 926-930.
- Mertens, D. 2005a. AOAC official method 922.02. In: Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.), Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 1–2.
- Mertens, D. 2005b. AOAC official method 975.03. In: Horwitz, W., Latimer, G.W.(Eds.), Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 3– 4.
- Misra, M., Kumar, U., Misra, P.K., & Prakash, V. 2010. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. **Advances in Biological Research**, **4**(2): 92-96.
- Mohammed, A., Mitra, B., & Khan, A.G. 2004. Effects of sheared-root inoculum of *Glomus intraradices* on wheat grown at different phosphorus levels in the field. Agriculture, **Ecosystems and Environment**, **103**(1) p.245- 249.
- Mosse, B. 1973. Plant growth responses to vesicular- arbuscular mycorrhizae. IV. In soil given additional phosphate. **New Phytologist** **72**:127-136.
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., & Ashraf, M. 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology advances**, **32**(2): 429-448.
- Nair, R., Varghese, S.H., Nair, B.G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D.S. 2010. Nanoparticulate material delivery to plants. **Plant Sci.** **179**, 154–163.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. . Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . **Edition**, 191-197.

- Nowack, B., & Bucheli, T. D., 2007, Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the environment, **Environmental Pollution**, **150** (1), 5–22. doi:10.1016/j.envpol.2007.06.006
- Ortaş, İ. 1994. The effect of different forms and rates of nitrogen and different rates of phosphorus fertilizer on rhizosphere phosphorus uptake in mycorrhizal and non-mycorrhizal sorghum plants. Ph. D. Thesis 1994, University of Reading, Reading, UK.
- Ortaş, İ., Harris, P.J., & Rowell, D.L. 1996. Enhanced Uptake Of phosphorus By Mycorrhizal Sorghum Plants As Influenced By forms Of Nitrogen. **Plant And Soil**. **184**:255-264
- Ortaş, İ. 1997. Mikoriza nedir?. *TUBİTAK dergisi*. Ankara. Şubat 1997, sayı 351.
- Ortaş, İ., Ergün, B., Ortakçı, D., Ercan, S., & Köse, Ö. 1999. Mikoriza Sporlarının Üretilmesi ve Tarımda Kullanım Olanakları. **Tr.J. of Agriculture and Forestry**. **23**: 4.959-968
- Özcan, H., & Taban, S. 2000. VA-mycorrhiza'nın alkalın ve asit toprakta yetiştirilen mısır bitkisinin gelişimi ile fosfor, çinko, demir, bakır ve mangan konsantrasyonları üzerine etkisi. **Turkj. Agric. For.** **24**:629-635.
- Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara Ö., & Şensoy, H. 2010. Arbüsküler Mikorizal Funguslar (Amf), Bitki Ve Toprakla İlişkileri, Mera Islahındaki Önemleri, **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**, **12** (18): 87-99.
- Parial R.; Mohajan S., & Hussain M.T., Hashem M., Manisha D., & Islam M. 2014. Isolation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and evaluation its effect on plant growth over chemical fertilizers for better human health, **SMU.Med.J.** **2**(1):1604-2349.
- Pathak, D., Lone, R., & Koul, K.K. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) association in potato (*Solanum tuberosum* L.): A Brief Review. **Probiotics and Plant Health**, 401-402.
- Peterson, R.L., Massicotte, H.B., & Melville, L.H. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*, NRC Research Press, CABI Publishing, Ottawa,

- Pharudi, J.A. 2010. Effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus levels on growth and yield of wheat and maiza crops grown on a phosphorus deficient sandy soil .Msc.Thesis.univ.Stellenbosch, UK.
- Pilz,D. & Molina, R. 1996. *Managing Forest Ecosystems to Conserve Fungus Diversity and Sustain Wild Mushroom Harvests*, USDA Forest Service, PNW-GTR 371.
- Rhoades, J.D., 1982. Exchangeable Cations. *Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 . Edition,* 159-164.
- Richardson, A.E. 1994. *Soil microorganisms and phosphorus availability*. In: Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR, Grace PR (eds) *Management of the soil biota in sustainable farming systems*. CSIRO Publishing, **Melbourne**. 50–62.
- Richardson, A.E., & Simpson, R.J., 2011. Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus. **Plant. Physiol.** **156** (3), 989-96.
- Rincon, A., Alvarez, I.F., & Pera, J. 2001. Inoculation of Containerized Pinus pinea L. Seedlings with Seven Ectomycorrhizal Fungi, **Mycorrhiza**, **11** (6): 265-271.
- Rodriguez, H., & Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnol Adv.**, **17**, 319–339.
- Rodriguez, H., Fraga, R., Gonzalez, T., & Bashan, Y. 2006. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. **Plant and Soil**, **287**, 15–21.
- Saber, M.S.M. 2001. Clean Biotechnology for sustainable farming. **Eng.Life Sci.**, **1**: 217-223.
- Saharan, B.S., & Nehra, V. 2011. Plant growth promoting Rhizobacteria: A Critical Review. **Life Sciences and Medicine Research**, **2011**: LSMR-21.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E. & Şahin, Ü. 2016. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada fide gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin etkisi. **KSÜ Doğa Bilim Dergisi**, **19**(3): 332-338.
- 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, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., & Gobi, T.A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **Springerplus**, **2**, 1-14.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation- Federal Republic of Germany.
- Smith, F.A., & Smith, S.E. 1981. Mycorrhizal Infection and Growth of *Trifolium subterraneum* Use of Sterilized Soil as Control Treatment. **New Phytologist**, **88**: 299-309.
- Smith, S., & Read, D. J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press. London.
- Smith, S., & Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego, CA.
- Smith, S.E., Robson, A.D., & Abott, L.K. 1992. The Involvement of Mycorrhizas in Assesment of Genetically Dependent Efficiency of Nutrient Uptake and Use. **Plant and Soil**, **146**: 169 - 172.
- Singh, M.D., Chirag, G., Prakash, P.O., Mohan, M.H., Prakasha, G., & Vishwajith, 2017. Nano fertilizers is anew way to increase nutrients use efficiency in cropproduction. **International Journal of Agriculture Sciences**, **9**(7), 3831-3833.
- Singh, Sachin, Govind Gupta, Ekta Khare, K. K. Behal⁴ and Naveen Arora, K. 2015. Effect of enrichment material on the shelf life and field efficiency of bioformulation of Rhizobium sp. and P-solubilizing Pseudomonas fluorescens. *Science Research Reporter*, 4(1): 44-50, (April - 2014) ISSN: 2249-2321.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi**, **25**(2): 24-34.
- Sylvia, D.M., & Williams, S.E. 1992. Vesicular-Arbuscular mycorrhizae and environmental Stress.

- Şahin, S. (2008). Nohut genotiplerinin (*Cicer arietinum* L.) farklı azot dozları ve bakteri aşılması koşullarında azot kullanım etkinliklerinin belirlenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Taran, N., Batsmanova, L., Konotop, Y., & Okanenko, A. 2014. Redistribution of elements of metals in plant tissues under treatment by non-ionic colloidal solution of biogenic metal nanoparticles, **Nanoscale Research Letters**, **9** (1), 354. doi:10.1186/1556-276x-9-354
- Taştekin, E., & Dalkılıç, Z. 2008. Turunç (*citrus aurantium* l.) ve kaba limon (c. jambhiri lush.) çöğürlerinde mikoriza ve fosfor uygulamasının fidan gelişimi üzerine etkileri. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, **1**:61-73
- Thomson, B.D., Grove, T.S., Malajczuk, N., & Hardy, G.E.S.J. 1994. The Effectiveness of Ectomycorrhizal Fungi in Increasing the Growth of *Eucalyptus globulus* Labill in Relation to Root Colonization and Hyphal Development in Soil, **New Phytologist**, **126** (3): 517-524.
- Turjaman, M., Tamai, Y., Segah, H., Lımmın, S.H., Osakı, M., & Tawaray, K. 2006. Increase in Early Growth and Nutrient Uptake of *Shorea seminis* Seedlings Inoculated with Two Ectomycorrhizal Fungi. **Journal of Tropical Forest Science**, **18**(4):243-249.
- Tüfekçi, S. 2007. Doğal Populasyonlardaki Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) Mikorizasının İzole Edilmesi ve Çoğaltılıp Fidan Üretiminde Kullanılması, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Uyanöz, R. 2007. The Effects Of Different Bio-Organic, Chemical And Their Combination On Yield, Macro And Micro Nutrition Content Of Dry Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). **International Journal Of Agricultural Research, Academic Journals Inc, Usa**, **2**(2), , 115-125,
- Uyanöz, R., Zengin,M., Şeker, C., & Çetin,Ü. 2000. Toprağın Üreaz, Katalaz ve Biyolojik Aktivitesine Bazı Organik Materyallerin Etkisi. Selçuk Üniversitesi, **Ziraat Fakültesi Dergisi**, **14**(22):85-92
- Uzun, O. (2014). Erciyes üniversitesi Seyrani ziraat fakültesi deneme alanı topraklarına biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) fosforlu gübre kullanım

etkinliği üzerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- Valetti, L., Iriarte, L., & Fabra, A. 2016. Effect of previous cropping of rapeseed (*Brassica nopus* L.) on soy bean (*Glycine max*) root mycorrhization nodulation, and plant growth. **European Journal of Soil Biology**, **76**: 103-106.
- Valizadeh, M., & Milic, V. 2016. The effects of balanced nutrient managements and nano-fertilizers effects on crop production in semi-arid areas. **Current Opinion in Agriculture**, **5**(1): 31-38.
- Valverde, C., Raminez, C., Kloepper, J.W., & Casson, F. 2015. Current research on plant-growth promoting rhizobacteria in latin america: meeting report from the 2nd latin american pgpr workshop. **J Plant Growth Regul**, **34**: 215–219.
- Verma, S.L., & Penfold, C. 2017. Composts Vary in Their Effect on Soil P Pools and P Uptake by Wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, **48**(4), 459-468.
- Yadesa, W., Tadesse, A., Kibret, K., & Dechassa, N. 2019. Effect of liming and applied phosphorus on growth and P uptake of maize (*Zeamays subsp.*) plant grown in acid soils of West Wollega, Ethiopia, **Journal of Plant Nutrition**, **42**(5), 477-490.
- 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**, **1**(2).
- 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 Journal**, **125**: 155-166.
- Wyciskiewicz, M., Saeid, A., & Chojnacka, K. 2017. In situ solubilization of phosphorus-bearing raw materials by *Bacillus megaterium*. **Engineering in Life Sciences**, **17** (7): 749-758.
- Yıldız, N.A. 2014. <https://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/erzurum/nano-teknoloji-tarimda-da-yerini-aliyor-10519557>, Erişim tarihi: 05.07.2020

Yibirin, H., Johnson, J.W., & Eckert, D. 1996. Corn production as affected by daily fertilization with ammonium, nitrate, and phosphorous. **Soil Sci. Soc. Am.J.** **60**:512-518.

Zhao, Y., Selvaraj, J. N., Xing, F., Zhou, L., Wang, Y., & Song, H. 2014. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum*. **PLoS One** **9**, 92486.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Imad Khorsheed Mohammed MOHAMMED
Uyruğu : Irak

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü / Kayseri	2021
Lisans	Kerkük Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimleri ve Su Kaynakları Bölümü	2016
Lise	Azadi Orta Okulu	2012

İŞ DENEYİMLERİ

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
2019-Halen	Kerkük Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri ve Bilişim Teknolojileri Fakültesi Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı	İdari Kadro

YABANCI DİL

İngilizce