

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MİKORİZA, MAGNEZYUM SÜLFAT VE FOSFOR UYGULAMALARININ
BUĞDAY BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE FOSFOR ALIMINA ETKİSİ**

Halide YILDIZTEKİN

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2015**

Doç. Dr. Ahmet ALMACA danışmanlığında Halide YILDIZTEKİN'in hazırladığı ‘‘Mikoriza Magnezyum Sülfat ve Fosfor Uygulamalarının Buğday bitkisinde fosfor alımı üzerine etkisi’’konulu bu çalışma tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Ahmet ALMACA.....

Üye :

Üye :

Bu Tezin Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 12155

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
2.1. MİKORİZAL MANTARLAR VE SINIFLANDIRILMASI	2
2.1.1. Mikorizanın Sınıflandırılması	2
2.1.2. Mikoriza ve Bitki İlişkisini Etkileyen Faktörler	6
2.2. MİKORİZAL ETKİ	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.2. Yöntem	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	20
4.1. Araştırmada Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi	21
4.3. Üst Aksam Ağırlığı	25
4.4. Enfeksiyon Oranı	26
4.5. Azot İçeriği	27
4.6. Fosfor İçeriği	28
4.7. Potasyum İçeriği	29
4.8. Kalsiyum İçeriği	30
4.9. Magnezyum İçeriği	31
4.10. Bakır İçeriği	32
4.11. Demir İçeriği	33
4.12. Mangan İçeriği	34
4.13. Çinko İçeriği	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	44

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MİKORİZA, MAGNEZYUM SÜLFAT VE FOSFOR UYGULAMALARININ BUĞDAY BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE FOSFOR ALIMINA ETKİSİ

Halide YILDIZTEKİN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet ALMACA

YIL: 2015 Sayfa: 44

Harran serisi toprağında yetiştirilen buğday bitkisine farklı dozlarda magnezyum sülfat ve fosfor ilavesi ve mikoriza aşılması yapılmıştır. Sera koşullarında yürütülen bu çalışmada, bitkinin gelişimini ve fosfor alımını belirlemek amaçlanmıştır. Magnezyum sülfat 0, 2.5 ve 5 kg Mg da⁻¹ dozlarında, fosfor ise 0, 3, 6 ve 9 kg da⁻¹ P₂O₅ dozlarında uygulanmıştır. Buğday çeşidi olarak Fırat-93, mikoriza aşılamaında ise *Glomus mossea* kullanılmıştır. Çalışma, tesadüfi bölünen parseller deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışma sonucunda mikoriza aşılması yapılan uygulamalarda kök infeksiyonuna rastlanılmıştır. Mikoriza aşılması yapılan ve 0, 3, 6, 9 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulanan konularda üst aksam ağırlığı 22.01g/7bitki olarak en yüksek 6 kg da⁻¹ P₂O₅ konusunda belirlenmiştir. Mikoriza ve fosfor interaksyonu istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Üst aksamda en yüksek fosfor içeriği mikoriza aşılanmış, 9 kg da⁻¹ P₂O₅ uygulamasında %0.38 olarak belirlenmiştir. Mikoriza, fosfor ve magnezyum sülfat uygulamalarında üst aksamda fosfor içeriği değerleri arasındaki farklılıklar her uygulama kendi içinde değerlendirildiğinde istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Uygulamalarda mikro element içerikleri açısından, çinko dışında önemli farklılık belirlenmemiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Mikoriza, Magnezyum Sülfat, Fosfor, Buğday.

ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECT OF MYCORRHIZAE, MAGNESIUM SULPHATE AND PHOSPHORUS APPLICATIONS ON GROWTH AND UPTAKE OF WHEAT PLANTS

Halide YILDIZTEKİN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ahmet ALMACA
Year: 2015, Page: 44

Different doses of magnesium sulphate and phosphorus and mycorrhizae inoculation was applied to the wheat plant that was grown in the soil of Harran soil series. In this study, which was conducted under greenhouse conditions, determination of the plant growth and phosphorus uptake were aimed. Magnesium sulphate was applied at rates of 0, 2.5 and 5 kg Mg da⁻¹ doses, phosphorus was applied at rates of 0, 3, 6 and 9 kg da as P₂O₅. Firat-93 was used as a wheat variety. *Glomus mossea* was used for mycorrhizae inoculation. The study was established as a random split-plot experimental design with 3 replications. Root infection was found in mycorrhizae inoculated applications. In subjects inoculated with mycorrhizae and treated with 0, 3, 6 and 9 kg da⁻¹ P doses, shoot weight was found as the highest with 22.01 g/plant at 6 kg da⁻¹ P₂O₅ subject. The interaction of mycorrhizae and phosphorus were found to be statistically insignificant. The highest phosphorus content at shoot was determined as 38 % at mycorrhizae inoculated and 9 kg da⁻¹ P application treatment. In mycorrhizae, magnesium sulphate and phosphorus applications, differences in phosphorus content of shoot showed statistically significant difference when each applications were evaluated within each treatment group. In terms of micro elements content, there were not statistically significant differences except for zinc.

KEY WORDS: Mycorrhizae, Magnesium Sulfate, Phosphorus, Wheat.

TEŞEKKÜR

Tezin konusunun seçiminde, uygulamasında ve çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. Ahmet ALMACA'ya, tez çalışmamda bana yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Selahattin KİRAZ'a, her konuda desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Deneme Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	16
Çizelge 4. 1. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait verilerin istatistiksel değerlendirilmesi ve gruplandırılması.....	21
Çizelge 4. 2. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait verilerin istatistiksel değerlendirilmesi...	24
Çizelge 4. 3. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde üst aksam ağırlığına etkisi	25
Çizelge 4. 4. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde enfeksiyona etkisi.....	26
Çizelge 4. 5. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Azot içeriğine etkisi.....	27
Çizelge 4. 6. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Fosfor içeriğine etkisi.....	28
Çizelge 4. 7. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Potasyum içeriğine etkisi.....	29
Çizelge 4. 8. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Kalsiyum içeriğine etkisi.....	30
Çizelge 4. 9. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Magnezyum içeriğine etkisi.....	31
Çizelge 4.10. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Bakır içeriğine etkisi.....	32
Çizelge 4.11. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Demir içeriğine etkisi.....	33
Çizelge 4.12. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Mangan içeriğine etkisi.....	34
Çizelge 4.13. Farklı dozlarda uygulanan Fosfor ve Magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Çinko içeriğine etkisi.....	35

KISALTMALAR DİZİNİ

AM	Arbüsküler mikorizal mantarlar
+M	Mikorizalı
-M	Mikorizasız
VAM	Vesicular - arbuskular mikoriza
n	Örnek sayısı

1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın karşı karşıya kaldığı en önemli sorun, sınırlı seviyelerde bulunan doğal kaynaklar üzerindeki nüfus artış hızının yarattığı gıda ihtiyacıdır. Bunun sonucu olarak insanların ihtiyaçlarının her geçen gün artmasıyla beraber tarımsal üretimde, inorganik gübreler ve kimyasal ilaçlar dengesiz ve yüksek miktarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu kullanılan kimyasal ilaçlar, su, toprak ve gıda ürünlerinde bazı toksik maddelerin birikimine sebebiyet verdiği gibi, bu ürünlerle beslenen insan ve diğer canlılar üzerinde ciddi sağlık sorunlarını meydana getirmektedir. Bununla birlikte olumsuz şartlar altında değişik adaptasyonlar geliştirerek ortak yaşam biçiminde ortaya çıkan ve “Mikoriza” adıyla tanımlanan mantarlar yeni bir tarım uygulama yöntemi olarak doğanın dengesinin korunmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir (Ortaş, 1997). Mikorizal fungusların yeryüzünde kolonize oluşunun yaklaşık 1000 milyon yıl öncesine kadar gittiği tahmin edilmekte, bu andan itibaren mikorizal funguslar ile bitkiler arasında simbiyotik ilişkinin kurulmaya başlandığı, belki de bitkilerin yeryüzüne yayılmasında önemli rol oynadıkları düşünülmektedir (Smith ve Read, 2008).

Yakın zamana kadar toprakta alınabilirliği yavaş olan besin elementlerinin alımının yalnızca bitki kökleri tarafından sağlandığı düşünülmekteydi. Yürütülen bilimsel araştırmalarda bitki besin elementlerinin alımının, köklerin yanı sıra çoğunlukla mikoriza diye adlandırılan ve mikroskopla teşhis edilen, birim cm kök başına yüzlerce metre uzunluğunda hif üreten bazı mantar türleri tarafından yapıldığı ortaya çıkarılmıştır (Koide, 1991; Ortaş, 1996 ve 1997; Smith ve Read, 1997).

Bu araştırmanın amacı, Harran serisi toprağında yetiştirilen buğday bitkisinde farklı dozlarda magnezyum sülfat ve fosfor gübrelemesi ve mikoriza uygulamasının bitki gelişimi ve besin elementleri alımına etkisini belirlemektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**2.1. MİKORİZAL MANTARLAR VE SINIFLANDIRILMASI**

Mantar hifleriyle bitki kılcal köklerinin karşılıklı yarara dayalı mutal bir birlik oluşturarak yaşamalarına “mikoriza” denir. Böyle bir yaşam biçimi oluşturan mantarlar için de mikorizal mantarlar denilmektedir. Bu ortak yaşamda bitki mantardan su ve bitki besin elementleri alırken, mantar bitkiden karbonlu bileşikler temin eder.

2.1.1. Mikorizanın Sınıflandırılması

Mikoriza sporlarının yapısı, bitkilerdeki infeksiyon şekilleri ile kök içindeki morfolojik ve fizyolojik yapıları itibarıyla taksonomik yönden büyük farklılıklar göstermektedirler (Sieverding, 1991; Bagyaraj, 1991). Bu taksonomik farklılıklar, aynı zamanda bitkilerin beslenme düzeyleri yönünden de farklılıklar göstermektedir. Kök içindeki morfolojik yapı yönünden genelde Ekto ve Endo mikoriza (Arbüsküler) olarak iki büyük gruba ayrılmaktadırlar. Fakat son araştırmalar bitki türleri arasındaki farklılıklar ve farklı mikoriza türlerinin ortak yönlerini içeren yeni türlerin bulunması ile taksonomik olarak mikoriza türleri yeniden düzenlenmiş bulunmaktadır (Schussler ve ark., 2001). Mikoriza sporlarının taksonomisi ve sınıflandırılması Morton (1994); Schenk ve Perez (1990), tarafından yapılmıştır. Bu taksonomik farklılıklar aynı zamanda bitkilerin beslenme düzeyleri yönünden de farklılıklar göstermektedirler (Simpson ve Daft, 1990; Killham, 1995).

2.1.1.1. Endomikorizal Mantarlar

Endomikoriza oluşturan mantarlar fungi aleminin Glomeromycota bölümü üyeleridir. Glomeromycota top anlamında Latince “glomus” ile şapkalı mantar anlamındaki yunanca “mykes” kelimelerden türetilmiştir. İpliksi misel kitleleri topuna sahip olması nedeniyle, arbüsküler (çalı benzeri) genel cinse Glomus adı verilmiştir (Holt, 2009). Glomeromycota en azından 600 ile 620 milyon yıl önceden

tahmini orijin ile çok eski bir gruptur. Glomalean mantarların sporları ve hifleri Ordovician dönemde 460 milyon yıl yaşındaki kayalarda keşfedilmiştir. Böylece onlarla belirlenmiş mantar fosilleri arasında tarih olarak en eskidir. Yine en eski arbüsküler 400 milyon yıl önce yaşanmış Devonian döneminde ilk kara bitkilerinde bulunmuştur. Bu bulgular Glomeromycota'nın bitkiler tarafından karaların kolonize edilmesinin çok erken dönemleri esnasında mevcut olduklarını göstermektedir (Amaranthus, 2004).

Genelde glomeromycota taksonomisi sporların morfolojisini esas alır. Hif üzerinde spor oluşum biçimi cins ve familyaları sınırlamada ve spor duvarının tabakalı yapısı türleri ayırmada önemlidir. Bazı türler hayli süslü bir spor yüzeyine sahiptir. Glomeromycota taksonomisi oldukça yenidir. 1974'e kadar ekseri arbüsküler mikorizal mantarlar (AMF) Endogone cinsi içine sınıflandırılmıştır ancak, 1974'de AMF Endogone'dan alınarak Glomus, Sclerpcystis, Acaulospora ve Gigaspora olarak dört ayrı cins içine yerleştirilmiştir. Tüm AMF'nı dahil kılmak için Glomales takımı 1990'da kurulmuştur. Bu dönemde iki cins Scutellospora ve Entrophospora ve üç familya belirlenmiştir. Bu familyalar spor oluşum biçimiyle karakterize edilmiş olup moleküler verilerle desteklenmiştir. Müteakiben iki yeni cins Archaespora ve Paraglomus açıklanarak ayrı familyalara yerleştirilmiştir (Redecker, 2008).

AMF hiflerini toprak ve bitki kökleri içine salar. Oluşan ipliksi ağ iki yönlü besin hareketini teşvik ederek toprak besinlerinin ve suyun bitkiye hareket etmesini ve bitki fotosentez ürünlerinin mantar ağına akmasını sağlar. AMF toprakta her zaman mevcut olup; tahıllar, sebzeler, bahçe ürünlerini içeren bitkilerle ortak olarak yaşarlar. AMF obligat simbiyont olmaları nedeniyle bitkilerle bulunmaya muhtaç olup, fotobiyont bitki türlerinin yaklaşık %80'inde görülürler. Bu mantarlar intra ve ekstra radikal hifden dallanan yardımcı hücreler üretirler. İntra radikal AMF miseli bitki köklerinin kabuk hücreleri civarında ve hücreler içinde bir ağ oluşturur. Ekstra radikal AMF miseli kök sistemini saran toprak içine yayılarak, toprağı iyice sarar, bitki kökleri için su ve besin alınmasını ıslah eder; P transportunu, kuraklık ve hastalığa dayanıklılığını artırır. Bitki kökleri AMF ile kolonize edildiğine topraktan

su ve besinlerin alınması için bitki köklerinin kapasitesi artar. Bu P, Zn ve Cu gibi toprakta immobil olan toprak besinleriyle özellikleri kanıtlanmıştır. AMF kolonizasyonu ile düzeltilen P beslenmesi tarımsal ürün bitkilerinin çoğunda gösterilmiştir. Yüksek P içeren toprak koşullarında, AMF'den bitkiler hemen hemen yararlanamaz ve simbiyosiz olarak inhibe edilir. Simbiyosiz kurulması için bu gibi P uygulamalarını azaltma önerilir. Keten, mısır, sorgum, buğday, arpa, patates ve ayçiçeği gibi ürünler mikorizal beraberlikten yararlanabilirler.

Glomeromycota karasal ekosistem fonksiyonu için elzemdir. Bu grubun üyeleri otsu bitkilerin ve tropikal ağaçların ekseriyetinin köklerinde hücre içi arbüsküler mikoriza oluştururlar. Bu tür simbiyosizde mantar ve konukçu bitkiden oluşan tarafların her ikisi de yarar sağlaması nedeniyle mutualistik olarak adlandırılır. Bunlar çok çekirdekli sporlara ve bölmesiz hiflere sahiptirler ve eşeyli üremeleri bilinmemektedir. Mutualistik simbiyontlar olarak, AMF hastalık belirtilerine neden olmaksızın bitki kökleri içinde büyüme yeteneğindedir.

Glomeromycotan mantarları tabakalı duvarları olan oldukça büyük sporlar üretirler. Sporlar tekli olarak, kümeler halinde veya sporokarp denilen morfolojik olarak farklı meyve kapları içerisinde oluşturulur. Uygun koşullar altında glomeromycotan sporları çimlenerek konukçu kökleri üzerinde appressoriumlar oluşturur ve yeni bir mikorizal simbiyosiz oluştururlar. Yeni sporlar kök içinde veya dışında misel üzerinde oluşturulabilir.

Sporlarla çoğalma ek olarak Glomeromycota'nın birçok türü toprak içindeki hiflerle veya doğrudan komşu bir bitkinin kökünde barınan simbiyontlardan konukçu bitkileri kolonize edebilir. Onlar obligat simbiyontlar olduğundan, eğer bir sporun çimlenen hifi tarafından konukçu kökü bulunamaz ise bir müddet sonra büyüme sona erer ve stoplazma spor içine çekilir.

2.1.1.2. Ektomikorizal Mantarlar

Ektomikorizal mantarlar ve bitki kökleri arasında mutualistik bir beraberlik vardır. Bu tür birlikler bitki kökleri ve mantarın depo veya üreme yapılarıyla bağlantılı misellerden oluşan bir sistemdir. Ektotrofik birlikler veya kın mikorizaları olarak ayrıca bilinen ektomikorizal kökler bir manto ve Hartig ağının varlığıyla karakterize edilir. Ektomikorizal birlikler esas olarak bol humus içeren üst toprak tabakası içinde bulunan konukçulara ait ince kök uçlarında oluşturulur. Ektomikorizal mantarlar orman ekosisteminin biyokütlesine önemli katkıda bulunabilirler. Mikorizal mantarların hifi toprak içine geniş olarak dağılmıştır ve çoğu ekosistemlerde besin alınması ve döngüsüne büyük bir katkıda bulunur. Ektomikorizalı ekseri bitki kökleri modifiye bir yan kök dallanmasına sahiptir. Heterorhizi denilen bu dallanma biçimi uzun köklerin bir ağı ile desteklenen kısa mikorizal yan köklerden ibarettir.

Heterorhizik kök sistemlerinde uzun ve kısa kökler yapıcı önemli olarak benzer olsa da kısa kökler uzun köklere oranla normalde çok yavaş olarak büyür. Mantarların çok çabuk kolonize olmamaları nedeniyle, kısa köklerin sınırlı büyümesi bir birlik oluşturmak için ektomikorizal mantara zaman tanımak açısından önemlidir. Ektomikorizal mantarların üreme yapıları şapkalı mantarlar, mercan mantarları, puf topları gibi epijeus mantarları veya truffle benzeri hipojeal mantarlar gibi yer altı yapılarını içerir. Ektomikorizal birlikleri oluşturan ekseri mantarlar esas olarak Basidiomycetes'dir. Angiosperm ve çoğu Gymnosperm'lerin yaklaşık olarak %10'u ile ektomikorizal birlikler oluşturan 6000 veya daha çok mantar türünün olduğu tahmin edilmektedir.

Birçok ektomikorizal mantar bitki kılcal köklerinin dallanmasını teşvik eden bitki büyümesini ilerletici oksin, gibberellin, sitokinin ve etilen gibi hormonlar üretir. Bu nedenle, kök sisteminin absorptif kapasitesi, kök ve mantar dokusu arasında temas alanı artırılır. Dallanma biçimi ve besin kökü civarında mantar dokunun oluşturduğu bir kın veya manto ektomikoriza yapısını karakterize eder. Bu manto topraktaki miselden alınan besinler için bir depo dokusu olarak iş görür ve fiziksel

olarak bazı patojenlerden ve kuraklıktan bazı ince kökleri korur. Bu mantar ayrıca Hartig ağ denilen mantar dokusunun bir ağını oluşturmak için kökün kabuk dokuları arasına penetre olur. Besin alış verişi bu yoğun, çok yakın temas mekanı içinde oluşur. Buradan şekerler ve vitaminler mantar içine hareket ederken, su ve besinler bitkiye hareket eder. Konukçuya birincil yarar mantodan toprak içine uzanan mantarın yoğun olarak ürettiği hifler ile gerçekleşir. Bu hifler mikroskobik düzeyde çok ince olan bir çapa sahiptir ve bol miktarda dal oluşturmak suretiyle çoğalırlar. Böylece onlar konukçu köklerine oranla yüzbin kadar büyük toprak hacminden su ve besin maddeleri alabilirler. Toprağın miseliyal kolonizasyonu ektomikorizal mantarlar arasında farklıdır. Bazısı toprak içine yalnızca birkaç cm büyüyebilirken, diğerleri ektomikorizadan birçok metrelerce uzayabilir. Bazı maddeler toprak ve organik maddeyi kuvvetli olarak bağlayan yoğun, keçemsi hifsel yığınlar üretir. Eğer bu misel beyaz veya parlak renkli ise, bu yoğun keçemsi hif tabakası üstteki organik tabaka biraz giderildiğinde kolayca görülebilir. Diğer mantarlar gözle görülmesi güç olan renksiz veya koyu misel üretir, fakat onların toprak içinde büyümesi aynı şekilde yoğundur.

2.1.2. Mikoriza ve Bitki İlişisini Etkileyen Faktörler

Arbüsküler mikoriza (AM) mantarları doğal olarak yer yüzündeki bitkilerin %90'ında bulunmaktadır (Gadkar ve ark., 2001; Smith ve Read, 2008). Fakat bazı mikoriza türleri bir çok kıtada hâkim olarak bulunmaktadır. Mikorizal mantarların aktif ve pasif olarak bir kıtadan başka bir kıtaya taşındıkları iddia edilmektedir. Aktif olarak toprakta misellerin gelişmesi ile taşınırken, pasif olarak rüzgâr, su ve diğer toprak organizmaları tarafından yayılmaktadır. Fosil kayıtları, bitkilerin hücrelerinde arbusküler mikoriza enfeksiyonuna benzer bulguların 410-360 milyon yıl öncesine kadar dayandığını göstermektedir (Gadkar ve ark., 2001).

Mikoriza mantarının sporları saf kültür olarak, teknolojik imkanlarla üretilmemekte olup, konukçu bitkiye mutlak bağımlı olarak çoğalmaktadır. Mikoriza mantarlarının spor hiflerinin konukçu bitkilerin kökleri ile birleşmesi ile enfeksiyon ve bunu takiben spor oluşumu gerçekleşir. Bitki türüne ve yoğunluğuna göre, 1 kg

toprakta 10-20 bin kadar spor bulunabilir. Genelde mera alanlarında ve tarım dışı alanlardaki spor sayısı tarım topraklarından daha fazladır. Topraktaki mikoriza sporları aynı şekilde diğer mikroorganizmaların kantitatif ve kalitatif özelliklerini etkilemektedir.

2.1.2.1. Fiziksel Faktörler

Sıcaklık: Schenck ve Schroder (1974) tarafından yapılan araştırmada mikoriza gelişmesinin ve oluşumunun 30 °C olduğu rapor edilmiştir.

Işık: Mikoriza mantarları karbon kaynağını direkt bitkinin fotosentez ürünlerinden aldığından, mikoriza oluşumu ve etkinliği tamamen fotosentez ve karbonhidratların kök bölgesine aktarılmasına bağlıdır. Ayrıca ışığın mikoriza üzerine etkisi bitki türlerinin fotosentezle olan ilişkisine bağlı olarak değişmektedir (Tinker, 1975).

Su: Vesiküler arbusküler mikoriza oluşumu çok geniş bir toprak nem içeriğinde gerçekleşmektedir.

2.1.2.2. Kimyasal Faktörler

pH: pH'nın mikoriza oluşumu üzerine olan etkisini belirlemek son derece zordur. Çünkü toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri direkt pH tarafından yönlendirilmektedir. Fakat agar ortamında yapılan çalışmalarda mikoriza türlerinin pH'ya bağlı olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Gren ve ark., 1976; Tinker, 1980) .

Azot: Azot ve mikoriza arasındaki ilişki halen tam olarak bilinmemekle birlikte, yapılan araştırmalar azot mikoriza ilişkisinin ortama, toprakların pH'sına ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Hayman (1975), N'lu gübre uygulamasının mikoriza oluşumunu olumsuz yönde etkilediğini rapor etmiştir. Davis ve Young (1985) nitrat uygulamasının mikoriza oluşumunu amonyum uygulamasına oranla daha fazla etkilediğini bildirmiştir. Bagyaraj (1991) kalsiyum amonyum nitrat

gübrelemesinin üre, kalsiyum nitrat gübrelerine oranla daha fazla kök infeksiyon ve spor oluşumu sağladığını belirtmiştir.

Mikrobesin Elementleri: Mikro elementlerden çinko ve mangan mikoriza sporlarının çimlenme kapasitelerini etkilemektedir. Gildon ve Tinker (1983) geniş bitki topluluğu üzerine yaptıkları araştırmada Zn ve Cu'nın mikoriza oluşumunu olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Asidik toprak koşullarında ise her ne kadar mikro besin elementleri fazlasıyla serbest duruma gelmişlerse de, bitkilerin Al, Fe ve Mn konsantrasyonlarına adapte olduğu belirtilmiştir.

Aşırı Fosforlu Gübre Kullanımı: Mikorizanın toprakta bulunuşu, bitki kökleri içindeki oluşumu ve aktivitesi toprak verimliliği tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir, özellikle de ortamın P konsantrasyonuna bağlı olarak değişikliğe uğramaktadır (Kitt ve ark., 1988). Tinker (1980) bitki türlerinin ihtiyacına göre belirli bir P düzeyine kadar kök infeksiyonunun arttığını ve bu noktadan sonra ilave edilen her P miktarının bitkinin mikoriza ile olan infeksiyonunu azalttığını bildirmiştir. Toprakların P düzeyi yüksek olduğu zaman mikorizal fungus aktivitesi azalmaktadır. Bunun nedeni, ya köklerin infekte edilmemesi ya da infeksiyon sağlansa bile besin elementleri sağlanamamasıdır. Böyle durumlarda mikorizal infeksiyon bitkiye besin elementleri sağlayamadığı gibi bitkinin fotosentez ürünlerini tüketerek yarar sağlama yerine zararlı da olabilmektedir.

Pestisid Kullanımı: Kimyasal mücadele ilaçlarından olan ve bütün dünyada bitki hastalık ve zararlarına karşı son yıllarda kontrolsüzce kullanılan tonlarca pestisid ve fungusitler toprakların doğal mikroorganizma popülasyonunu değiştirdiği için doğal olarak toprağın verimliliğini de düşürmektedir. Toprakların verimliliğini yükseltmek için ise aşırı derecede N ve P'lu gübreler kullanılmaktadır. Fazla N ve P gübrelemesi ise aynı şekilde doğal mikoriza oluşumunu azaltmaktadır. Aynı zamanda uzun süreli P uygulaması fazla P birikmesine neden olmakta ve bunun sonucu P diğer mikro besin elementleri ile negatif interaksyonlar oluşturarak bunların alınmasını engellemektedir.

Tuzluluk: Gildon ve Tinker (1983)'e göre sodyum ve klor iyonları mikoriza sporlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bowen (1980) mikoriza infeksiyonunun bitki için toksik elementleri bertaraf edeceğini veya bünyesinde tutarak bitkiyi toksisiteden koruyabileceğini belirtmiştir.

Organik Madde: Normal olarak organik maddenin yüksek olduğu tropikal ormanlarda mikoriza gelişimi ve spor oluşumu organik maddenin varlığı ile direkt ilgilidir. Fakat tarla topraklarında artan organik madde ile spor oluşumu arasında herhangi bir korelasyon elde edilememiştir. Hasat sonrası toprakta kalan bitki köklerinin parçalanması sonucu oluşan organik bileşenlerin spor sayısını ve spor infeksiyonunu artırdığı rapor edilmiştir (Redhead, 1977).

2.1.2.3. Biyolojik Faktörler

Bitkilerin mikorizaya bağımlılıkları farklılık göstermektedir. Bazı bitkiler mikorizaya bağımlılık göstermezler. Bunlardan acı bakla, şeker pancarı ve hardal türü bitkiler daha çok mikoriza oluşumunu engelleyecek oranda toksik salgılar oluşturduğundan bu tür bitkiler mikorizal infeksiyon sağlamazlar.

Bazı bitkiler mikorizaya bağımlılık gösterirler. Bunlar buğday, mısır ve biber gibi bitkilerdir. Mikorizal mantar toprakta var olan sporları aracılığıyla ekosistemdeki bitkilerin yaklaşık %95'nin köklerine infekte olmaktadır. Mikorizal mantar çok miktarda hif üreterek bitki kök yüzey alanını arttırmakta ve kökten çok uzak bölgelerdeki besin elementlerini söz konusu hifleri aracılığıyla almaktadır. Mikorizal mantar ile infekte olmamış bitkiler kök bölgesinin 1 cm uzağındaki fosfordan yararlanabildiği halde, mikoriza ile infekte olmuş bitki kökleri hifleri aracılığıyla kökten 11 cm uzaktaki fosforu alabilmektedir. Mikorizanın konukçu bitkiye sağladığı en önemli avantaj fosforun kristalize demir fosfat ve RNA gibi az çözünen ve az kullanılan kaynaklardan sağlamasıdır. Kalkerli topraklarda mikorizalı köklerin yüksek karbondioksit üretim oranları çözünürlüğü az olan kalsiyum fosfatların çözünürlüğünü artırır ve böylece fosfor kazanım etkinliği artar. Kaba kök yapısına sahip olan bazı bitki türleri, örneğin meyve ağaçlarından şeftali,

turunçgiller, elma, kavun, patlıcan ve biber mikoriza ile çok iyi infekte olmakta ve mikorizal enfeksiyon eksikliğinde fosfor, çinko, bakır, potasyum, kalsiyum ve azot noksanlığı göstermektedirler. Narenciye türleri yüksek fosfor uygulamasına rağmen özellikle de ilk kök gelişimi döneminde şiddetli derecede mikorizaya bağımlılık göstermektedir.

2.2. MİKORİZAL ETKİ

Mikoriza mantarları toprak strüktürü ve nem depolanması gibi ekosistem özelliklerini dolaylı olarak etkilemektedir. Mikoriza mantarları farklı koşullarda konukçu bitki için değişik işlevler yapabilmektedirler. Bazı mikoriza mantarları bitki besin maddesi alımına yardımcı olurken, bazıları ekstrem sıcaklık ve kuraklık dönemlerinde, bitki gelişmesinin belirli dönemlerinde veya izleyen durumlarda yararlı olabilmektedir.

Yüksek bitkilerle mikoriza mantarlarının simbiyotik yaşamlarının oluşumu çoğu zaman olumlu ürün etkilerine yol açar. Özellikle yarı optimal gelişme şartları altında artan besin maddesi alımıyla açıklanabilen ürün artışı belirlenmiştir. Simbiyozda (ortak yaşam) oluşan hişlerle aşıl原因an bitkinin, kök sistemi gelişmektedir. Dolayısıyla toprağı daha iyi nüfuz ederek artan bir besin maddesi absorpsiyonuna ulaşılmaktadır. Ayrıca simbiyozun bitki beslenmesine etki yapan sekonder etkisi söz konusu olmaktadır. Bunlar arasında kök salgısının, modifiye oluşumun hormon kapsamının etkisi, stoma regölasyonu, ksilem transportunun besin maddesi alımına etkileri sayılabilir (Gerdeman 1964).

VAM kök bölgesinde veya köklerde eş-zamanlı meydana gelen nematodlarında kontrolünü sağlamaktadır (Roncadori ve Hussey, 1977). Mikorizalı bitkiler tüm fosfat düzeylerinde kök nematodlarına karşı toleranslı bulunmuş ve büyüme artışı dayanıklılığı arttırmıştır (Bagyaraj ve ark., 1979). Genellikle nematod ile infekte olan mikorizalı bitkilerin büyümesinin konukçu bitki, nematod ve VAM'ın toprak içerisindeki koşullarına bağılı olarak, VAM'ın uyarıcı ve nematodun teşvik edici etkisi arasındaki dengeye bağılı olduğu bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 1996).

Fosfora ilave olarak mikorizanın alımını artırdığı mikro besin elementleri de bu duruma katkıda bulunmaktadır. Konukçunun verimlilik düzeyi de konukçunun patojenlere duyarlılığını veya hastalıklara dayanıklılığını etkilemede rol almaktadır (Koide, 1985).

Bitkiler mikoriza ile infekte edildiği zaman, ortak yaşamdan yararlanacak bitkilerin mikorizaya bağımlılığı veya derecesi; kök ağırlığı (Azcon ve Ocampo, 1981), köklerin fosfor konsantrasyonu, mantari simbiyotun besin absorpsiyon etkinliği (Hetrick ve ark., 1992), şeker içeriği (Ratnayake ve ark., 1978) gibi bitki karakterleri; toprağın fosfor içeriği (Lackie ve ark., 1988), kolonileşme zamanı, bitki tür ve çeşitleri (Azcon ve Ocampo, 1981; Krishna ve ark., 1985; Hetrick ve ark., 1993 ve 1995) ile ilişkilidir. Bir tür içerisindeki farklı genotipler mikoriza ile inoküle edildiği zaman; %kök kolonileşmesi, üretilen spor sayısı, köklerdeki alkali ve asit fosfat aktivitesi bakımından farklılıklar göstermektedirler (Krishna ve ark., 1985; Lackie ve ark., 1988; Duc ve ark., 1989; Mercy ve ark., 1990; KesavaRao ve ark., 1990).

Mikoriza sporlarının hayatta kalabilmeleri için optimum sıcaklığın 30 °C olması gerekir (Schenck ve Schroder, 1974). Düşük ve yüksek sıcaklıklarda mikoriza sporlarının etkinliği azalır. 20 °C'nin altında mikoriza sporlarının etkinliğinin yavaşladığı, sıcaklığın 40 °C civarlarında olduğu dönemlerde ise sporların çimlenmesinin durduğu belirtilmiştir. Ayrıca aynı araştırmada en fazla hif oluşumu ve yüzey alanının 28-34 °C arasında olduğu belirlenmiştir. Mikoriza ile sıcaklık arasındaki ilişkinin bölgeler arasında farklılık gösterdiği rapor edilmiştir (Bagyaraj, 1991).

Şimdiye kadar mikoriza ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu sera koşullarında ve kontrollü koşullarda yapılmıştır. Tarla koşullarında elde edilen az sayıdaki deneme sonuçları saksı koşullarındaki kadar iç açıcı değildir. Nedeni ise doğal ortamda çok sayıda kontrol edilemeyen faktörün olması ve bu durumda etkin bir mikoriza enfeksiyonu ve gelişimi sağlanamamasıdır. Bazı toprak altı canlıları tarafından mikoriza hiflerinin yenilmesi sonucu istenilen düzeyde besin elementi

alınmamaktadır. Diğer organizmalar da mikorizaya karşı antogonistik etki yaratarak enfeksiyon oluşumunu engellemektedirler. Mikoriza ile diğer mikroorganizmalar arasındaki interaksiyonun besin elementleri alımı üzerine olan etkilerinin netleşmesi için yeni araştırmalara gereksinim duyulmaktadır.

Organik madde toprakta çinkonun çözünürlüğünü ve difüzyonunu arttırmaktadır (Marschner, 1993). Toprak organik maddesi arttıkça, bitkilerin Zn absorpsiyonu da artmaktadır (Sillanpaa, 1982). Bitki köklerinin önemli görevlerinden biri, bitkiye besin elementi ve suyu sağlamaktır. Mikoriza mantarı genelde hifleri aracılığı ile besin elementleri ve su alımını artırarak bitkilerin büyümesini, gelişmesini ve dolayısıyla kök canlılığının muhafazasını sağlamaktadır. Mikoriza ayrıca bitki köklerini rizosferdeki patojenlere ve stres faktörleri olarak kabul edilen aşırı sıcaklık, kuraklık, ağır metal zehirlenmesi ve tuzluluğa karşı da bitkiyi korumaktadır (Malajczuk ve ark., 1992). Lambert ve Weidensaul (1991)'un da soya'da arttırılan P gübrelemesinin kuru madde, P ve mikro elementlere olan etkisini inceledikleri çalışmada; kuru gövde ağırlığı, P, Cu ve Zn konsantrasyonlarında mikorizalı bitkiler mikorizalı olmayanlara göre yüksek, Mn ise düşük çıkmıştır. Ancak artan dozlarda verilen fosforun kuru ağırlık, P ve Mn'da artışa, Cu ve Zn'de ise düşüşe neden olmuştur. Hartley-Whiatker ve ark. (1999), ektomikorizal enfeksiyonun bitki gövdesine (*Pinus silvestris*) toksik konsantrasyonlarda Cd ve Zn ulaşımını azalttığını ve aynı zamanda ektomikorizal enfeksiyonun, bitkisel kütlesini Cd ve Zn varlığına rağmen artırdığını saptamışlardır. Mosse (1981), yaptıkları çalışmalarında mikoriza mantarının bitkilerce alımı yavaş olan topraktaki besin elementlerinin ve özellikle fosforun alımını 3 ile 5 kat, çinko ve bakır içeriklerini 2.5 kat arttırdığını belirlemiştir.

Mikorizanın fosfor alımında toprakta bulunan mevcut miktarı önemli rol almaktadır. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalarda, düşük fosforlu topraklarda mikorizalı bitkilerin mikorizasızlar ile kıyaslandığında daha fazla büyüdükleri ve birim kök uzunluğu başına düşen fosfor alımını arttırdıkları (Sanders, 1975; Hale ve Sanders, 1982; Smith ve ark., 1985; Tester ve ark., 1985; Srivastava ve ark., 1996), ancak topraktaki fosfor artışının mikorizanın etkisini ve kök uzunluğunu azalttığı

(Baath ve Spokes, 1988; Thomson ve ark., 1990) ve yüksek fosfor düzeylerinde ise VAM kolonileşmesinin engellendiği bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 1996).

Mikoriza sporları yapı, bitkilerdeki infeksiyon şekilleri ve kök içindeki morfolojik ve fizyolojik yapıları itibariyle taksonomik yönden büyük farklılıklar göstermektedirler (Sieverding, 1991; Smith ve Read, 1997). Yayılma hızları mikorizalı bitkilerin bulunduğu ortamlarda yavaşlarken, mikorizasız bitkilerin bulunduğu ortamlarda daha hızlı olduğu gözlenmiştir. Bitki türleri de mikoriza mantarlarının yayılmasında farklılıklar oluşturmaktadır. Ayrıca bitki kök yoğunluğu da mikorizanın yayılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Kök yoğunluğu arttığı zaman yayılım hızının azaldığı yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Hooker ve Atkinson, 1996).

Mikorizanın besin alımı içerisinde en büyük artışı fosfor alımında yaptığı bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 1996). Bilindiği üzere fosfor; çekirdek, DNA ve RNA'nın yapısında yer alması, fosfo-lipid parçası olarak bitki mebranlarını oluşturması, ADP, ATP, NADP ve NAD gibi yüksek enerji moleküllerinin bir parçasını oluşturarak, fotosentez, respirasyon, azot ve yağ metabolizması ve diğer bazı reaksiyonlarda rol alması gibi özellikleri nedeni ile bitki büyüme ve gelişmesi için büyük önem taşımaktadır (Srivastava ve ark., 1996). Buna karşın onun eksikliğinde ise; yaprakların erken dökülmesi, mor veya kırmızı pigmentlerin ortaya çıkması, yapraklar üzerinde lekeli alanların oluşması, yaprakların koyu-yeşil veya mavi bir renge dönüşmesi, yapraklarda biçimsel bozuklukların ortaya çıkması ve bitkide iletim sistemlerinin zayıflaması nedeni ile yapraklarda simpton belirtilerinin görülmesi gibi anormal durumlar ortaya çıkabilmektedir (Srivastava ve ark., 1996).

VAM konukçu bitki ile oluşturmuş olduğu simbiyotik yaşam sonucu, bitkilerin besin, su ve tuz alımını arttırması, azot ve karbon döngüsünü olumlu yönde etkilemesi ve karbonhidrat fizyolojisini düzenlemesi sonucu çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı toleranslılık durumlarını arttırmaktadır (Smith ve Read, 1997).

Alkali ve asit topraklarda mikorizali mısır bitkilerinde Cu, Zn ve Mn alınımını arttırdığı, kök kolonizasyon oranının asit topraklarda alkalilere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Özcan ve Taban, 2000).

Arbusküler mikorizaların kök hastalıklarının azaltılmasında bilinen en açık etkisi, besin maddesi özellikle fosfor ve mineral madde alınımını arttırarak bitkinin sağlıklı gelişmesini dolayısıyla hastalıklara direncini arttırmasıdır (Linderman, 1996). Kök gelişimi, köklerin absorpsiyon kapasitesinin artması sonucunda besin ve su alınımını, köklerde hücre yenilenmesini etkiler. Fosfor dışında, azot, kalsiyum, bakır, mangan, kükürt ve çinko gibi diğer besin maddelerinin alınımını sağlar (Sieverding, 1991; Ortaş, 2002).

Mikoriza ile inokule edilen biber bitkilerinde P içeriğinin arttığı ve bunun da biber bitkilerinin fizyolojik performansını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Demir, 2004).

Farklı konukçu bitki ve yetiştirme ortamlarının mikoriza üretimi ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmanın amacı farklı bitki yetiştirme ortamları kullanılarak yüksek miktarlarda ve kaliteli mikoriza üretiminin sağlanmasıdır. Farklı yetiştirme ortamları ve farklı arbusküler mikoriza türlerinin uygulamasının mısır ve sorgum bitkilerinin büyümesine, besin elementleri alımına kontrol bitkilerine oranla yüksek oranda etki etmiş ve aynı zamanda mikorizaya da bağımlı olan sorgum ve mısır bitkileri mikoriza aşılması ile beslenme ve büyüme açısından sağlıklı bir gelişme ortaya koymuşlardır (Korkmaz, 2005).

Mikorizanın soya fasülyesinde fosfor ihtiyacını azalttığını, bitki gelişimini ve verimi olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Genel olarak bakıldığında AMF birçok kültür bitkisi ile ilişki içindedir ve bu ilişki içinde etkinliği ancak çevre koşulları, konukçu ve simbionta bağlı olarak değişebilir (İlbaş ve Şahin, 2005).

Artan dozlarda tuz ve fosfor ile mikoriza uygulamasının nohut bitkisinde verim, azot, fosfor ve potasyum içeriğine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada yetiştirme ortamına artan dozlarda tuz ve fosfor uygulaması ile nohut bitkisinin

gelişimi ve besin elementi alımı üzerine mikorizalı ve mikorizasız koşulların etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Artan fosfor uygulamaları ile bitkinin K içeriğinde kontrole göre 50 P₂O₅ mg kg⁻¹ uygulamasında %0.376'lık, 100 P₂O₅ mg kg⁻¹ uygulamasında kontrole göre %0.206'lık artışlar elde edilmiştir. Fosfor dozlar arasında 100 P₂O₅ mg kg⁻¹ uygulamasında, 50 P₂O₅ mg kg⁻¹ uygulamasına göre %0.17'lik önemli bir azalma görülmüştür. Bitkisel verimin sınırlandırıldığı tuzlu alanlarda ortaya çıkan ekonomik kayıpların azaltılması veya ortadan kaldırılması için bu ortamlarda yetiştirilecek en uygun bitki türlerinin yanı sıra çeşitlerinin de seçimi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bitkisel verimi sınırlandırıldığı tuzlu alanlarda mikoriza uygulaması ile bitki gelişiminin genelde olumlu etkilendiği kanısına varılmıştır (Klavuz, 2006).

Üçgül soğan bitkilerinin mikorizaya bağımlı konukçu bitkiler olarak mikoriza uygulamasında yüksek oranda tepki verdikleri görülmüştür. Bu bitkilerin hangi yetiştirme ortamında etkin kök infeksiyonu gerçekleştirdiği ve hangi yetiştirme ortamlarında fosfor ve çinko daha etkin yararlandığı ve mikorizanın besin elementleri alımı üzerinde etkilerinin daha net olarak tespit edilmesinde yardımcı olmuştur (Yüksel, 2006).

Mikoriza uygulanmış topraklarda yetiştirilen bitkilerde verim artışı yanı sıra fosfor başta olmak üzere çinko, demir ve diğer besin element içerikleri artmaktadır (Tüfenkçi ve ark. , 2006; İnal ve Güneş, 2008).

Mikorizanın ürettiği proteaz, indol asetik asit, siderefor üretimi ve P çözme özellikleri ile AMF'nin hastalıkları önlemede katkı sağladıkları ifade edilmiştir (Brahadwaj ve ark. , 2008).

Almaca ve ark. (2013)'nın yaptığı çalışmada farklı fosfor dozlarında mikoriza çeşitlerinin tarla koşullarında biber bitkisi verimi ve gelişimi incelenmiştir. Araştırmada 20 kgda⁻¹ P₂O₅ uygulanan konuda, tohum aşamasında mikoriza aşılmasının bitkilerin biber verimini %5,4 ve %12,7 düzeyinde arttırdığı, buna karşılık şaşırtma sırasında yapılan yeniden aşılamanın ise %6 ve %20,9 oranında arttırdığı belirlenmiştir.

Tuzlu koşullarda yetiştiricilikte mikoriza aşılması ile çinko uygulamalarının bitki gelişimini ve besin elementi alımını olumlu yönde etkileyebileceği kanısına varılmıştır (Sönmez ve ark., 2013).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Denemede Harran serisinden (Kısa Beldesi yakınlarından) alınan toprak kullanılmıştır.

Harran serisi toprakları A, B, C horizonludur. Organik madde oranı düşük, kation değişim kapasitesi yüksektir. Kil tekstürlü olup, profilin alt kısımlarına doğru artan yoğunlukta sekonder kireç cepleri içermektedir. Tüm profil çok kireçlidir. pH 7.3-7.8 olarak belirlenmiştir (Dinç ve ark., 1988).

Bitki olarak Fırat 93 buğday çeşidi kullanılmıştır. Mikoriza türü olarak Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden temin edilen *Glomus mossea* kullanılmıştır. Gübrelemede Amonyum nitrat, triple süperfosfat ve $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ kullanılmıştır.

Deneme öncesinde toprak örneği analiz edilmiş ve sonuçlar çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Toprağının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

ToprakB ünyesi	Doygunluk (%)	E.C. (dS m ⁻¹)	pH	Kireç (%)	Fosfor (P ₂ O ₅) kg da ⁻¹	Potasyum (K ₂ O) kg da ⁻¹	Organik Madde (%)
Killi	83	1,22	7,8	24,6	5,3	199	1,3

Deneme toprağı killi bünyeye sahiptir. Tuzsuz, kireçli, ve organik madde oranı çok düşüktür. Bitkiye yarayışlı fosfor kapsamı orta, potasyum kapsamı ise çok yüksektir.

3.2. Yöntem

Deneme 2012-2013 yetiştirme döneminde yürütülmüştür. Denemede 0, 2.5 ve 5 kg Mg da⁻¹ olacak şekilde MgSO₄.7H₂O, fosfor ise P₀= 0, P₃= 3, P₆= 6 ve P₉= 9 kg da⁻¹ P₂O₅ dozlarında uygulanmıştır. Tesadüfi bölünen parseller deneme deseninde 3 tekrarlamalı, mikorizalı ve mikorizasız olmak üzere 72 saksıda yürütülmüştür.

Toprak örneği 0-20 cm derinliğinde alınmış olup doğal haliyle denemeye hazır bir duruma getirilmiştir. Alınan toprak 4 kg tartılarak 5 kg'lık plastik saksılara konulmuştur. Daha sonra buğday tohumları her saksıya 10 adet olacak şekilde ekilmiştir. Çıkışlar olduktan sonra bitkiler 7 adet kalacak şekilde seyreltilmiştir. Fosfor ve magnezyum sülfat belirtilen dozlarda uygulandıktan sonra 36 saksıya mikoriza uygulanmıştır, diğer 36'sına mikoriza uygulanmamıştır. Bütün saksılara 10 kg da⁻¹ dozunda azot gübrelemesi yapılmıştır.

Toprak Örneklerinde bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler aşağıdaki yöntemlere göre yapılmıştır.

Tekstür: Bouyoucous (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

Toprak Reaksiyonu (pH): Jackson (1958) tarafından bildirilen 1:2.5 toprak su karışımında belirlenmiştir.

EC: Richard (1954)'in bildirdiği şekilde saturasyon çamurunda elektriksel iletkenlikler, elektrikli kondantivitimetre aleti ile ölçülerek toplam eriyebilir tuz içeriği hesaplanmıştır.

Kireç: Hızalan ve Ünal (1966) tarafından belirtildiği gibi, Scheibler kalsimetresi kullanılarak saptanmıştır.

Organik Madde: Modifiye edilmiş Walkey Black yöntemine göre belirlenmiştir. (Walkey, 1947)

Alınabilir Fosfor (ppm) :Sodyumbikarbonat yöntemine göre belirlenmiştir. (Olsen ve ark., 1954).

Değişebilir potasyum ve magnezyum (ppm) : Thomas (1982)'a göre 1 N amonyum asetat ile çalkalanarak belirlenmiştir.

Bitki örneklerinde analiz ve ölçümler aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Bitkilerin gövde ve kök kısımları 65-75 °C'de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılarak, kuru madde ağırlıkları belirlenip, analiz için bir kısmı agat değirmende öğütülmüştür (Walsh ve Beaton, 1973). Fosfor (P), potasyum (K) ve mikrobeyin elementleri (Fe, Cu, Zn, Mn) analizi için; öğütölmüş bitki örneklerinden 0.2 g alınarak kuru yakma yöntemi uygulanarak 550 °C'de 5 saat kül fırınında yakılmıştır. Yakılan örneklerin üzerine 1/3'lük HCl çözeltisinden 2 ml konularak üzeri saf su ile tamamlanmış ve örnekler filtre kağıdından 20 ml'lik kaplara süzülmüştür. Her bir örnekten 0.5 ml mikro pipetle çekilerek saf su ile 10 ml'ye tamamlanmış ve daha sonra Murphy ve Riley (1962) yöntemine göre boyanan örnekler 882 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunarak fosfor içeriği belirlenmiştir.

Kuru yakma metoduna göre elde edilen ekstraksiyon çözeltisinde atomik absorpsiyon yardımıyla K, Zn, Fe, Cu, Mn, Ca ve Mg konsantrasyonu belirlenmiştir (Kacar, 1972).

Azot analizi ise Kjeldal yöntemi ile yapılmıştır (Bremner, 1965).

Üst aksam kuru ağırlık, hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

Toplam Azot (%) : Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar,1994).

Toplam Fosfor (%) : Kuru yakma yöntemine göre kalorimetrik olarak belirlenmiştir (Kacar,1994).

Toplam Potasyum (%) :Kuru yakma yöntemiyle Kacar (1994)'e göre Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde ölçölmüştür.

Denemede elde edilen sonuçlar, faktöriyel deneme planına göre SPSS 9.0 istatistik paket programında analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların önemi Duncan testi ile belirlenmiştir (Efe ve ark., 2000).

Mikoriza Kök İnfeksiyonunun Belirlenmesi:

Denemeden alınan bitkinin kök numuneleri Koske ve Gemma (1989)' a göre temizleme ve boyama işlemi yapılmıştır. Bu yönleme göre, kökler iyice yıkanıp ve içindeki ölü kökler ayıklandıktan sonra bitki kökleri bir petri kabına alınıp ve 1 cm uzunluklarında kesilmiştir. Bu işlemlerden sonra 1 cm aralıklarla kesilmiş kökler test tüplerine aktarılmıştır. Yeterli miktarda %2.5 (w/v) KOH çözeltisi köklerin içinde bulunduğu tüplere boşaltılıp ve aynı tüpler 90 °C` lik su banyosuna alınmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra tüplerdeki KOH boşaltılıp ve aynı tüplere yeterli miktarda %1 HCl ilave edilerek tüplerin üst kısmı kapatılmıştır. Daha önce ilave edilmiş asit ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra aynı tüplerin üzerine yine yeterli miktarda asitleştirilmiş Glycerol Trypan Blue eklenmiştir. Tüplerdeki çözelti ve haşlanmış kökler tekrar bir petri kabına boşaltılıp ve pens aracılığı ile çok hassas olan kökçükler mikroskop slaytlarının üzerine taşınıp ve mikroskop altında 40-60 büyütmeyle Gioanetti ve Mosse (1980) yöntemine göre belirlenmiştir.

4. ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA

Araştırmada sonucunda elde edilen bitki űst aksam ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki űst aksamlarının besin element içerikleri saptanmış, bu değerlerin istatistiksel analizleri yapılmıştır.

4.1. Araştırmada Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi

Çizelge 4.1. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait verilerin istatistiksel değerlendirilmesi ve gruplandırılması

Uygulama	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu mg L ⁻¹	Fe mg L ⁻¹	Mn mg L ⁻¹	Zn mg L ⁻¹	İnfeksiyon	Üst aksam ağırlığı (g/7 bitki)
Mikoriza											
M-	1.80 b*	0.29 a	2.12 a	0.62 a	0.47 a	21.77 a	39.61 b	31.55 a	31.82 b	50.83 a	22.53 b
M+	1.75 a	0.33 b	1.95 a	0.56 a	0.46 a	22.32 a	32.72 a	30.82 a	26.98 a	52.50 b	20.97 a
MgSO ₄											
0	1.70 a	0.31 a	2.06 a	0.61 a	0.47 a	20.34 a	37.84 a	32.45 a	34.67 b	30.42 a	19.97 a
2.5	1.77 a	0.32 a	2.09 a	0.60 a	0.48 a	21.61 a	37.21 a	29.00 a	26.89 a	30.42 a	22.98 b
5	1.85 a	0.31 a	1.96 a	0.56 a	0.44 a	24.18 a	33.44 a	32.11 a	26.64 a	26.67 a	22.29 b
P											
0	1.67 ab	0.26 a	2.04 a	0.51 a	0.42 a	22.04 a	34.58 a	28.83 a	30.51 a	32.22 b	22.28 a
3	1.87 bc	0.31 a	2.11 a	0.64 a	0.49 a	21.12 a	36.81 a	32.22 a	28.39 a	32.22 b	20.90 a
6	1.59 a	0.30 a	1.96 a	0.57 a	0.46 a	21.52 a	33.91 a	31.17 a	29.31 a	30.56 b	22.82 a
9	1.97 c	0.38 b	2.03 a	0.64 a	0.48 a	23.49 a	39.36 a	32.53 a	29.37 a	21.67 a	20.98 a

*:%5 düzeyinde önemli

Mikoriza aşılması yapılmayan muamele grubunda azot (N) içeriği önemli derecede etkilemiştir ($P<0.05$). Mikoriza aşılması yapılan muamele grubunda fosfor (P) içeriği önemli derecede etkilemiştir ($P<0.01$). Mikoriza aşılması yapılan muamele grubunda infeksiyon oranı önemli derecede etkilemiştir ($P<0.05$). Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi mikorizaya bağlılık ile büyüme tepkisi ve kök infeksiyonu arasında önemli ve olumlu, mikorizaya bağımlılık ile Cu alımı arasında önemli ve olumsuz ilişki bulunmuştur.

Tabloda da görüldüğü gibi mikoriza aşılınmayan (M-)uygulamalarda, N, P, K, Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.80, 0.29, 2.12, 0.62, ve 0.47, Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla; 21.77, 39.61, 31.55 ve 31.82 mg L⁻¹, mikoriza aşılana (M+) uygulamalarda ise bu değerler sırasıyla; 1.75, 0.33, 1.95, 0.56 ve 0.46 olarak bulunmuştur. Mikoriza aşılana uygulamalarda N ve P içeriklerinin istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde, Mn ve Zn içeriklerinin ise %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. K, Ca, Mg, Cu ve Fe içeriklerinde ise istatistiksel bakımdan fark bulunmamıştır.

Mikoriza aşılınmayan (M-)uygulamalarda, infeksiyon %5.83 ve üst aksam ağırlığı 22.53 g, mikoriza aşılana (M+) uygulamalarda ise infeksiyon %52.50, üst aksam ağırlığı 20.97 g olarak bulunmuştur. Mikoriza aşılana uygulamalarda infeksiyon ve üst aksam ağırlığı düzeylerinin istatistiksel bakımdan %5 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Mikoriza* MgSO₄, Mikoriza* P, MgSO₄* P, Mikoriza* MgSO₄* P intereaksiyonlarının üst aksam ağırlığı düzeyleri üzerinde etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$).

MgSO₄ eklenmeyen uygulamalarda, N, P, K, Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.70, 0.31, 2.06, 0.61, 0.47 ve Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 20.34, 37.84, 32.45, 34.67 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. 2.5 kg da⁻¹ MgSO₄ eklenen uygulamalarda, N,P,K,Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.77, 0.32, 2.09, 0.60, 0.48, Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 21.61, 37.21, 29.00, 26.89 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. MgSO₄ (5) dozunda eklenen uygulamalarda, N,P,K,Ca ve Mg,

içerikleri sırasıyla %1.85, 0.31, 1.96, 0.56, 0.44, Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 24.18, 33.44, 32.11, 26.64 olarak bulunmuştur.

Fosfor eklenmeyen uygulamalarda, N, P, K, Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.67, 0.26, 2.04, 0.51, 0.42 ve Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 22.04, 34.48, 28.83, 30.51 mg L⁻¹ olarak bulunmuştur. 3 kg da⁻¹ dozunda P eklenen uygulamalarda, N, P, K, Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.87, 0.31, 2.11, 0.64, 0.49 ve Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 21.12, 36.81, 32.22, 28.39 olarak bulunmuştur. 6 kg da⁻¹ P dozunda eklenen uygulamalarda, N, P, K, Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.59, 0.30, 1.96, 0.57, 0.46 ve Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 21.52, 33.91, 31.17, 29.31 olarak bulunmuştur. 9 kg da⁻¹ dozunda P eklenen uygulamalarda, N, P, K, Ca ve Mg, içerikleri sırasıyla; %1.97, 0.38, 2.03, 0.64, 0.48 ve Cu, Fe, Mn ve Zn içerikleri sırasıyla 23.49, 39.36, 32.53, 29.37 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2.Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait verilerin istatistiksel değerlendirilmesi

Mikoriza	MgSO ₄	P ₂ O ₅	İnfeksiyon (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu mg L ⁻¹	Fe mg L ⁻¹	Mn mg L ⁻¹	Zn mg L ⁻¹	Üst Aksam ağırlığı g/7 bitki
M-	0	0	13	1.85	0.21	1.75	0.49	0.37	29.3	33.2	26.6	47.4	21.92
		3	10	1.71	0.29	2.06	0.65	0.50	19.9	46.3	35.8	49.9	21.45
		6	0	1.65	0.30	1.96	0.43	0.43	18.2	46.3	29.3	40.7	21.48
		9	3	1.71	0.31	2.23	0.62	0.47	18.0	36.9	34.8	26.9	20.66
	2.5	0	10	1.67	0.21	2.39	0.75	0.55	19.7	53.5	35.2	24.0	26.59
		3	3	1.68	0.26	2.14	0.69	0.50	22.3	34.2	28.0	26.8	22.61
		6	0	1.36	0.25	1.89	0.51	0.46	17.3	29.0	26.3	21.1	25.69
		9	3	2.25	0.34	2.49	0.88	0.54	27.3	56.5	32.1	27.8	21.63
	5	0	0	1.43	0.26	2.05	0.43	0.38	19.4	29.9	24.4	25.9	23.97
		3	13	2.14	0.37	2.26	0.65	0.53	19.6	37.0	38.8	31.0	20.36
		6	13	1.47	0.35	2.12	0.63	0.44	18.2	31.0	30.4	24.2	23.73
		9	0	2.72	0.51	2.16	0.75	0.52	31.7	41.0	36.5	35.5	20.22
M+	0	0	60	1.48	0.29	1.94	0.53	0.42	17.9	26.9	28.0	22.9	18.27
		3	63	1.90	0.32	2.37	0.77	0.61	18.0	38.3	32.1	21.7	19.33
		6	60	1.59	0.31	2.06	0.82	0.52	22.0	35.9	40.4	33.3	18.59
		9	33	1.76	0.45	2.13	0.62	0.46	19.2	38.7	32.5	34.2	18.07
	2.5	0	67	1.86	0.32	2.39	0.45	0.48	23.5	36.7	33.4	33.4	21.20
		3	57	1.88	0.37	1.92	0.49	0.40	17.2	26.1	24.2	22.8	19.84
		6	50	1.82	0.39	1.99	0.64	0.53	25.2	33.5	32.5	33.1	23.79
		9	53	1.69	0.41	1.55	0.42	0.42	20.1	27.8	19.9	25.6	22.49
	5	0	43	1.77	0.27	1.76	0.41	0.47	22.3	27.1	25.1	29.2	21.75
		3	47	1.94	0.29	1.94	0.63	0.45	29.5	38.7	34.1	17.9	21.80
		6	60	1.68	0.33	1.77	0.43	0.39	28.1	27.6	28.0	23.1	23.65
		9	37	1.69	0.29	1.65	0.59	0.48	24.4	35.0	39.2	25.9	22.84
±SEM			5.7	0.16	0.55	0.21	0.09	0.68	4.26	5.31	4.41	4.40	1.81
Varyasyon Kaynakları													
Mikoriza (M)			**	**	*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*	ÖD	*	*
MgSO4			ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*	*
P2O5			**	**	**	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
Mikoriza* MgSO4			ÖD	ÖD	*	ÖD	**	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*	ÖD
Mikoriza* P2O5			ÖD	**	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*	ÖD
MgSO4* P2O5			*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*	*	ÖD	ÖD
Mikoriza* MgSO4* P2O5			ÖD	*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	*	ÖD

** :%1 düzeyinde (çok önemli).

* %5 düzeyinde (önemli).

ÖD: önemli değil.

Çalışmada elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi uygulanmış olup ortalamalar arasındaki farklılıklar duncan testi ile denetlenmiştir.

4.3. Üst Aksam Ağırlığı

Çizelge 4.3. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde üst aksam ağırlığına etkisi (g/7 bitki)

P	MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
		0	2.5	5	0	2.5	5	
0		21.92	21.59	23.97	18.27	21.2	21.75	22.28 a
3		21.45	22.61	20.36	19.33	19.84	21.8	20.90 a
6		21.48	25.69	23.73	18.59	23.79	23.65	22.82 a
9		20.66	21.63	20.22	18.07	22.49	22.84	20.98 a
Ortalama n=36			22.53 b			20.97 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait üst aksam ağırlıkları değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza uygulamasının üst aksam ağırlığına etkisi önemli ve olumsuz ilişki bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalarda da istatistiksel bakımdan farklılık bulunmamıştır.

Yücel (2007)'in yaptığı çalışmada buğday ve yabani türlerinin beslenme ve verim yönünden mikorizaya bağımlılığı araştırılmıştır. Çalışmada mikorizaya bağımlılık ve büyüme tepkisi, tür içi ve türler arasında büyük varyasyon görüldüğü belirlenmiştir.

Mikoriza uygulanmış topraklarda yetiştirilen bitkilerde verim artışı yanı sıra fosfor başta olmak üzere çinko, demir ve diğer besin element içerikleri artmaktadır (Tüfenkci ve ark., 2006; İnal ve Güneş, 2008).

4.4. İnfeksiyon Oranı

Çizelge 4.4. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde infeksiyon oranı (%)

MgSO ₄ / P	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	13	10	0	60	67	43	32.22 b
3	10	3	13	63	57	47	32.22 b
6	0	0	13	60	50	60	30.56 b
9	3	3	0	33	53	37	21.67 a
Ortalama n=36		50.83 a			52.50 b		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait infeksiyon değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Bu koşullarda mikoriza uygulaması ve infeksiyon arasında önemli ve olumlu ilişki bulunmuştur. Mikoriza uygulanmayan 5 doz MgSO₄ uygulandığı konuda değerler daha yüksek elde edilmiştir.

Kışlık buğdayda tarla koşullarında mikoriza infeksiyonunun oluşumuyla ilgili farklı görüşler ileri sürülmüştür: Örneğin; Hetrick ve ark., (1984), kolonileşmenin İlkbahar'a kadar sağlanılmadığını, ancak; Buwalda ve ark., (1985), Yocum ve ark., (1985), Dodd ve Jeffries(1986), kolonileşmenin çimlenmeden sonraki 2 ay içerisinde %11'den %40'a kadar çıktığını, Saif ve Khan (1975) ise, kök enfeksiyonunun %50'den fazlasının çimlenmeden sonraki bir ay içerisinde oluştuğunu bildirmişlerdir. Mikoriza mantarlarının yüksek derecede yayılmasının (1.5 - 3.5 m/yıl), toprak kökenli organizmalar tarafından sağlandığı belirlenmiştir. Ayrıca toprak verimlilik koşulları, mevsimsel değişimler, nem, sıcaklık ve mikrobiyal aktiviteler mikorizanın yayılma hızını etkilemektedir (Smith ve Walker, 1981).

4.5. Azot İçeriği

Bitki azot içerikleri Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde azot içeriğine etkisi (%)

MgSO ₄ P	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	1.85	1.67	1.43	1.48	1.86	1.77	1.67 ab
3	1.71	1.68	2.14	1.90	1.88	1.94	1.87 bc
6	1.65	1.36	1.47	1.59	1.82	1.68	1.59 a
9	1.71	2.25	2.72	1.76	1.69	1.69	1.97 c
Ortalama n=36		1.80 b			1.75 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait azot içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki bitkilerde azot içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Mikoriza ile azot içeriği arasında olumsuz ve önemli bir ilişki bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalarda da istatistiksel bakımdan farklılık bulunmamıştır.

Mikorizanın azot alımında etkili olduğunu ve özellikle de toprak içerisinde hareket oranı çok yavaş olan NH₄-N formunu daha seçici olarak kullanmıştır (Ames ve ark., 1983). VAM mantarlarını bulundugu bitkilerde P kullanımı CO₂ fiksasyonunu önemli derecede yükselttiği, düşük nodül aktivitelerine rağmen azot konsantrasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir (Brown ve ark., 1988).

4.6. Fosfor İçeriği

Bitki fosfor içerikleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde fosfor içeriğine etkisi(%).

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	0.21	0.21	0.26	0.29	0.32	0.27	0.26 a
3	0.29	0.26	0.37	0.32	0.37	0.29	0.31 a
6	0.30	0.25	0.35	0.31	0.39	0.33	0.30 a
9	0.31	0.34	0.51	0.45	0.41	0.29	0.38 b
Ortalama n=36		0.29 a			0.33 b		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait fosfor içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde fosfor içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. 0, 2.5 ve 5 dozlarındaki MgSO₄ uygulanan konuda P uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde önemli ve olumlu bir ilişki bulunmuştur. Mikoriza uygulanan konularda da istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur.

Von Reichenback ve ark. (1995), mantarlarla karşılıklı simbiyotik yaşam hemen hemen tüm yüksek yapılı bitkilerin kök sistemlerinde mevcut olduğunu, mikoriza; bitkiden mantara karbon hareketi, mantardan bitkiye de inorganik madde hareketini sağlayan karşılıklı simbiyotik yaşamın bir tarafı olarak tanımlandığını ve karşılıklı simbiyotik yaşamla fosfor ihtiyacının karşılandığını, mikorizal köklerin özellikle kuraklık stresinden sonra yüksek miktarda P içerdikleri tespit edilmiştir.

4.7. Potasyum İçeriği

Bitki potasyum içerikleri Çizelge 4.7’ de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde potasyum içeriğine etkisi (%)

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	1.75	2.39	2.05	1.94	2.39	1.76	2.04 a
3	2.06	2.14	2.26	2.37	1.92	1.94	2.11 a
6	1.96	1.89	2.12	2.06	1.99	1.77	1.96 a
9	2.23	2.49	2.16	2.13	1.55	1.65	2.03 a
Ortalama n=36		2.12 a			1.95 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait potasyum içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde potasyum içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Artma eğilimi olmasına rağmen fosfor uygulamalarının potasyum içeriğine etkisi önemli bulunmamıştır. Mikoriza uygulanan konularda da istatistiksel bakımdan önemli bulunmamıştır.

Tuzlu koşullar altında mikorizanın etkinliği ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda mikorizal birlikteliğin bitkilerin K⁺ ve Na⁺ taşıyıcıları ile taşıma için gerekli gücü sağlayan H⁺ pompalarını aktive ettiği belirlenmiştir. Ayrıca hücre içi bölmelerden ve apoplastan Ca⁺²’un geçişini artırarak tuzluluğa karşı direnci yükseltmektedir (Rabie ve Almadini, 2005).

4.8. Kalsiyum İçeriği

Bitki kalsiyum içerikleri Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde kalsiyum içeriğine etkisi (%)

MgSO ₄ P	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	0.49	0.75	0.43	0.53	0.45	0.41	0.51 a
3	0.65	0.69	0.65	0.77	0.49	0.63	0.64 a
6	0.43	0.51	0.63	0.82	0.64	0.43	0.57 a
9	0.62	0.88	0.75	0.62	0.42	0.59	0.64 a
Ortalama n=36		0.62 a			0.56 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait kalsiyum içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde kalsiyum içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Fosfor uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde bu uygulamalar arasında istatistiksel bakımından farklılık bulunmamıştır.

Mikoriza uygulanmış topraklarda yetiştirilen bitkilerde verim artışı yanı sıra fosfor başta olmak üzere çinko, demir ve diğer besin element içerikleri artmaktadır (Tüfenkci ve ark., 2006; İnal ve Güneş, 2008).

4.9. Magnezyum İçeriği

Bitki Magnezyum içerikleri Çizelge 4.9’ da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde Magnezyum içeriğine etkisi (%)

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	0.37	0.55	0.38	0.42	0.48	0.47	0.42 a
3	0.50	0.50	0.53	0.61	0.40	0.45	0.49 a
6	0.43	0.46	0.44	0.52	0.53	0.39	0.46 a
9	0.47	0.54	0.52	0.46	0.42	0.48	0.48 a
Ortalama n=36		0.46 a			0.47 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait Magnezyum içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde magnezyum içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Bu uygulamalarda ortalamalar birbirine daha yakın değerlere ulaşmıştır. Mikoriza uygulanan konularda da istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur.

4.10. Bakır İçeriği

Bitki bakır içerikleri Çizelge 4.10’da erilmiştir.

Çizelge 4.10. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde bakır içeriğine etkisi (mg L⁻¹)

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	29.3	19.7	19.4	17.9	23.5	22.3	22.04 a
3	19.9	22.3	19.6	18.0	17.2	29.5	21.12 a
6	18.2	17.3	18.2	22.0	25.2	28.1	21.5 a
9	18.0	27.3	31.7	19.2	20.1	24.5	23.49 a
Ortalama n=36		21.77 a			22.32 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait bakır içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde bakır içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. Fosfor ve magnezyumsülfat uygulamalarının bakır içeriğine etkisi olumlu ve önemli bulunmuştur. Mikoriza uygulanan konularda da istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur.

Arbusküler mikorizal funguslarının oluşturdukları ekstra radikal hiflerin toprakta yayılarak, toprakta bağlı bulunan P, Cu ve Zn gibi besin maddelerini absorbe eder ve köke taşırlar. Azot gibi nispeten hareketli besin maddelerini de tutarak fakir topraklarda besin maddesi stresinin ortaya çıkmasını önler. Ekstraradikalhifler topraktaki suyu absorbe ederek susuzluğa karşı bitki direncini artırır. Ayrıca toprak tuzluğuna ve ağır metallere mikorizal bitkiler daha dayanıklıdır (Linderman, 1996; Schafer ve Schoeneberger, 1996; Türkmen ark., 2008). Alkali ve asit topraklarda mikorizalımsır bitkilerin de Cu, Zn ve Mn alınımının arttığı, kök kolonizasyon oranının asit topraklarda alkalilere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (Özcan ve Taban, 2000).

4.11. Demir İçeriği

Bitki demir içerikleri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde demir içeriğine etkisi (mg L⁻¹)

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	33.2	53.5	29.9	26.9	36.7	27.1	34.58 a
3	46.3	34.3	37.0	38.3	26.1	38.7	36.81 a
6	46.3	29.0	31.0	35.9	33.5	27.6	33.91 a
9	36.9	56.5	41.0	38.7	27.8	35.0	36.36 a
Ortalama n=36		39.61 b			32.72 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait demir içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde demir içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Fosfor ve magnezyum sülfat uygulamalarının demir içeriğine etkisi olumsuz bulunmuştur. Mikoriza uygulanan konularda da istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur.

4.12. Mangan İçeriği

Bitki mangan içerikleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde mangan içeriğine etkisi (mg L⁻¹)

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	26.6	35.2	24.5	28.0	33.4	25.1	28.83 a
3	35.8	28.0	38.8	32.1	24.3	34.1	32.22 a
6	29.3	26.3	30.4	40.4	32.5	28.0	31.17 a
9	34.8	32.1	36.5	32.5	19.9	39.2	32.53 a
Ortalama n=36		31.55 a			30.82 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait mangan içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Fosfor ve magnezyumsülfat uygulamalarının mangan içeriğine etkisi ortalamalar birbirine yakın değerlerde olduğu için istatistiksel olarak etkilememiştir.

Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde mangan içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Mikoriza uygulanan konularda da istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur.

4.13. Çinko İçeriği

Bitki çinko içerikleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisinde çinko içeriğine etkisi (mg L^{-1})

P MgSO ₄	M ⁻			M ⁺			Ortalama n=18
	0	2.5	5	0	2.5	5	
0	47.4	24.0	25.9	22.9	33.4	29.2	30.51 a
3	49.9	26.8	31.0	21.7	22.8	17.9	28.39 a
6	40.7	21.1	24.3	33.3	33.1	23.1	29.31 a
9	26.9	27.8	35.5	34.3	25.6	25.9	29.37 a
Ortalama n=36		31.82 b			26.98 a		

Farklı dozlarda uygulanan fosfor ve magnezyum sülfatın mikorizalı ve mikorizasız ortamlarda yetiştirilen buğday bitkisine ait çinko içeriği değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel bakımdan %1 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. Mikoriza aşılması yapılan uygulamalardaki buğday bitkisinde çinko içeriğinin mikoriza aşılması yapılmayanlardan çok daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Fosfor uygulamalarının ortalama değerleri incelendiğinde bu uygulamalar arasında istatistiksel bakımından farklılık bulunmamıştır.

Faber ve ark. (1990) ve Heggo ve Barakah (1994), mikoriza aşılmasının mısırın çinko içeriğini artırdığını bildirmiştir. Mikoriza uygulanmış bitkilerin mikoriza uygulanmayan bitkilere göre daha fazla su absorbe ettiği (Sharma ve Srivasta 1991) dolayısıyla daha fazla yararlı çinkodan faydalandığını söyleyebiliriz.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Buğday bitkisine mikoriza ve magnezyum sülfat uygulanmasıyla bitkinin fosfor alımı ve bitki gelişimindeki değişimleri belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma sera koşullarında yürütülmüştür. Mikoriza uygulanan buğday bitkilerinde büyük oranda kök infeksiyonuna rastlanılmıştır. Fakat mikoriza uygulanmayan buğday bitkilerinde çoğunlukla kök infeksiyonuna rastlanılmamıştır.

Mikorizal infeksiyonun gerçekleştiği uygulamalardaki buğday bitkisinde gözle görülebilecek derecede değişiklikler kaydedilmiştir. Bu durum buğdayın büyümesi ve gelişimi açısından olumlu etki yaratmıştır. Mikoriza aşılması yapılmayan uygulamalarda buğday bitkisi gelişimi ve büyümesi diğerlerine oranla daha yavaş olmuştur. Magnezyum sülfat uygulanmasıyla bitki besin elementleri içeriğinde istatistiksel açıdan fark bulunamamıştır. Ancak artan magnezyum sülfat uygulanmasıyla üst aksam ağırlığında istatistiksel açıdan önemli bulunan artış saptanmıştır.

Sera koşullarında yürütülen bu çalışma sonuçları dikkate alınarak, tarla koşullarında yürütülecek konuyla ilgili farklı çalışmalarla çiftçiye önerilecek yeni veriler elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- ALMACA, A., ALMACA, N. D., SÖYLEMEZ, S. and ORTAŞ., İ. 2013. The effects of mycorrhizal species and different doses of phosphorus on pepper (*Capsicum annuum* L.) yield and development under field conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.11 (3&4): 647-651
- AMARANTHUS M. P. 2004. Mycorrhizal Management-A Look Beneath the Surface at Plant Establishment and Growth.
- AMES, R.N., REID, C.P., PORTER, L.K., and CAMBARDELLA, C., 1983. Hyphal uptake and transport of nitrogen from two ¹⁵N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytologist* 95 (3), 381-396. arsenic, cesium, rubidium, and strontium between arbuscular mycorrhizal forbs and grasses from a California oak woodland. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 126-134.
- AZCON, T., OCAMPO, J. A., 1981. Factors affecting the vesicular- arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. *New Phytol.*, 87: 677-685.
- BAATH, E., and SPOKES, J., 1988. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in *Allium schoenoprasum*. *Can.J. Bot.*, 67: 3227-3228.
- 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., REDDY, D. D. R., 1979. Interaction of vesicular arbuscular mycorrhiza with root knot nematodes in tomato. *Plant and Soil*, 51: 397-403.
- BHARADWAJ D.P., P.O. Lundquist and S. Alstrom, 2008. Arbuscular mycorrhizal fungal spore-associated bacteria affect mycorrhizal colonization, plant growth and potato pathogens. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 2494-2501.
- BOUYOUCOUS, G.D. 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Makins Muchonicok Analysis of the Soil. *Agronomy*, 43: 434-438.
- BOWEN, G.D., 1980. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In *Tropical Mycorrhizal Research.* (Ed) Mikola, P. pp.165-190. Oxford. Oxford University Press.
- BREMNER, J.M., 1965. *Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods.* American Society of Agronomy Inc. Madison Wise, S.1149-1178, USA.
- BROWN, K.H., and BOUWKAMP, J. E., 1998. The influence of C:P ratio on the
- BUWALDA, J. G., STRIBLEY, D. P., TINKER, P. B., 1985. Vesicular-arbuscular mycorrhizae of winter and spring cereals. *J. of Agriculture Science*, 104: 649-657.
- DAVIS, E.A., and YOUNG, J.L., 1985. Endomycorrhizal colonization of glasshouse-grown wheat influenced by fertilizer salts when banded or soil – mixed. *Canadian Journal of Botany*, 63:1196-1203.
- DEHNE, H.W., 1982. Interaction Between Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Pathogens. *Phytopathology*, 72: 1115-1119.

- DEMİR, S., 2004. Influence of Arbuscular Mycorrhiza on Some Physiological Growth Parameters of Pepper. Turk J. Biol. 28 (2004): 85-90.
- DİNÇ, U., ŞENOL, S., SAYIN, M., KAPUR, S., GÜZEL, N., DERİCİ, R., YEŞİLİSOY, M. Ş., YEĞİNGİL, İ., SARI, M., KAYA, Z., AYDIN, M., KETTAŞ, F., BERKMAN, A., ÇOLAK, A. K., YILMAZ, K., TUNÇGÖĞÜS, B., ÇAVUŞGİL, V., ÖZBEK, H., GÜLÜT, K. Y., KARAMAN, C., DİNÇ, O., ÖZTÜRK, N. VE KARA, E. E. 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) I. Harran Ovası, TÜBİTAK, Proje No TOAG-534:Ankara, s.475.
- DODD, J. C., KRIKUN, J., HAAS, J., 1983. Relative effectiveness of indigenous populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from four sites in the Negev. Israel J. of Bot., 32: 10-21.
- DUC, G., TROUVELOT, A., GIANINAZZI-PEARSON, V., GIANNINAZZI, S., 1989. First report of non-mycorrhizal plant mutants (myc-) obtained in Pea (*Pisum sativum* L.) and Fababean (*Vicia faba* L.). Plant and Soil, 124: 1-6.
- EFE, E., BEK, Y., SAHİN, M. 2000. SPSS'te Çözümleri ile İstatistik Yöntemler. K: S: Ü: Ders Kitapları Yayın No: 9, Kahramanmaraş. 164 s.
- EIVAZI, F., WEIR, C. C., 1989. Phosphorus and mycorrhizal interaction on uptake of P and trace elements by maize. Fert. Res, 21: 9-22.
- FABER, B.A., ZAROSKİ, R. J., MUNNS, D.A., and SHACKAL, K., 1991. A method of measuring hyphal nutrient and water uptake in mycorrhizal plants. Canadian Journal of Botany, 69: 87 – 94.
- GADKAR, V., DAVID-SCHWARTZ, R., KUNİK, T., KAPULNİK, Y. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi colonization. Factors involved in host recognition. Eur. J. Plant Physiol 127: 1493-1502.
- GERDEMANN, J.W. 1964. The effect of mycorrhizas on the growth of maize. Mycologia 56, 342-349.
- GILDON, A., and TINKER, P.B., 1983. Interactions of vesicular-arbuscular mycorrhizal infections and heavy metals in plants. II. The effects of infection on uptake of copper. New Phytologist, 95: 263-268.
- GIOVANNETTI M., MOSSE B., 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84: 489-500.
- HALE, K. A., SANDERS, E. E., 1982. Effects of benomyl on vesicular arbuscular mycorrhizal infection of red clover (*Trifolium pratense*, L.) and consequences for phosphorus inflow. J. of Plant Nutrit, 5: 1355-1367.
- HARTLEY-WHITAKER, J., CAIRNEY, J.W.G., MEHARG, A.A., 1999. Sensitivity to Cd or Zn of Host and Symbiont of Ectomycorrhizal *Pinus sylvestris* L. (Scots pine) Seedlings, Plant Soil, 218 (1-2): 31-42.
- HAYMAN, D.S., 1975. Phosphorus cycling by soil micro-organisms and plant root. In soil microbiology. Ed. Walker. N. London Holt J. R. 2009. Systematic Biology-Fungi. Course Syllabus. Susquehanna University, Pennsylvania, USA. <http://comenius.susqu.edu> (Erişim tarihi: 21 Aralık 2011). Sanki 2 kaynak birleştirilmiş
- HEGGO A.M, BARAKAH F.N. 1994. Mycorrhizal role on phosphorus-zinc interaction in calcareous soil cultivated with corn (*Zea mays* L.).
- HETRICK, B. A. D., 1984. Ecology of VA mycorrhizal fungi. In 'VA mycorrhiza' (eds. Powell, C. Li., and Bagyaraj, D. J), CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 351-355.

- HETRICK, B. A. D., WILSON, G. W. T., COX, T. S., 1992. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars, landraces, and ancestors. *Can. J. Bot.*, 70: 2032-2040.
- HETRICK, B. A. D., WILSON, G. W. T., COX, T. S., 1993. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars and ancestors: a Synthesis. *Can. J. Bot.*, 71: 512-518.
- HETRICK, B. A. D., WILSON, G. W. T., COX, T. S., 1995. Chromosome location of mycorrhizal responsive genes in wheat. *Can. J. Bot.*, 72: 1002-1008.
- HIZALAN, E., E. ÜNAL, 1966. Topraklarda önemli analizler. *Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayın no: 278*.
- HOLT J. R. 2009. Systematic Biology-Fungi. Course Syllabus. Susquehanna University, Pennsylvania, USA. <http://comenius.susqu.edu>.
- HOOKE, J. E. ve ATKINSON, D. 1996. Arbuscular Mycorrhizal Fungi-Induced Alteration to Tree-Root Architecture and Longevity. *P. Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 159: 229-234.
- İLBAŞ, A.I., ŞAHİN, S., 2005. *Glomus fasciculatum* Inoculation Improves Soybean Production. *Acta Agriculturae Scandinavica*. Vol 55, No 4: 287-292.
- İNAL A., GÜNEŞ, A., 2008. Interspecific root interactions and rhizosphere effects on salt ions and nutrient uptake between mixed grown peanut/maize and peanut/barley in original saline-sodic-boron toxic soil. *Journal of Plant Physiology*, 165 (5): 490-503.
- İNAL A., GÜNEŞ, A., AKTAŞ, M., 1994. Effects of Chloride and partial Substitution of Reduced Forms of Nitrogen for Nitrate in Nutrient Solution on the Nitrate, Total Nitrogen and Chlorine Contents of Onion. *Journal of Plant Nutrition*, 18(10): 2219-2227, 1195.
- JACKSON, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall Inc. . Eng. Cliffs. USA.
- KACAR, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II, Bitki Analizleri, Ankara.
- KACAR, B., 1994. Bitki ve toprağın Kimyasal analizleri, A.Ü.Z.F. Eğt. Ve Araşt. ve Gen. Vakfı Yayın No:3, Ankara.
- KAPULNIK, Y., KUSHNIR, U., 1991. Growth dependency of wild, primitive and modern cultivated wheat lines on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Euphytica*, 56: 27-36.
- KESAVA-RAO, P. S., TILAK, K. V. B. R., ARUNACHALAM, V., 1990. Genetic variation for VA mycorrhiza-dependent phosphate mobilisation in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Soil*, 122: 137-142.
- KILAVUZ, A., 2006. Artan Dozlarda Tuz ve Fosfor ile Mikoriza Uygulamasının Nohut (*Cicer arietinum* L.) Bitkisinde Verim ve Azot, Fosfor, Potasyum İçeriğine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Van.
- KILLHAM, K., 1995. Soil Ecology. Cambridge University Press. UK.
- KITT D.G., DANIELS, B.A. H., WILSON, G.W.T., 1988. Relationship of soil fertility to suppression of the growth response of mycorrhizal big bluestem in non-sterile soil. *New Phytologist*, 109: 473-481.
- KOIDE, R. T., 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *Tansley Review No: 29. New Phytol.*, 117: 365-386.
- KOIDE, R., 1985. The nature of growth depressions in sunflower caused by vesicular – arbuscular mycorrhizal infection. *New Phytologist*, 99: 449-462.

- KORKMAZ, A. A., 2005. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- KRISHNA, K. R., SHELTY, K. E., DART, P. J., ANDREWS, D. J., 1985. Genotype dependent variation in mycorrhizal colonization and response to inoculation of pearl millet. *Plant Soil*, 86: 113-125.
- LACKIE, S. M., BOWLEY, S. R., PETERSON, R. C., 1988. Comparison of colonization among half-sib families of *Medicago sativa* L. by *Glomus versiforme* Bench. *New Phytol*, 108: 477-482.
- LAMBERT, D. H., WEIDENSAUL, T. C., 1991. Element Uptake by Mycorrhizal Soybean from Sewage-Sludge Treated Soil, *Soil Sci. Am. J.* 55: 393-398. *Ecology* 42(1):1-13.
- LINDERMAN, R. G., 1996. Role of VAM fungi in Biocontrol. In: *Mycorrhizae and Plant Health*. Ed. Pflieger, F. L. and Linderman R. G. Symposium Series, APS Press 1-25.
- LINDERMAN, R. G., 1998. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora. The mycorrhizosphere effect. *Phytopathology*, 78: 366-371.
- MALAJCZUK, N., GROVEN, T. S., THOMSON, B. T., BOUGHER, N. L., TOMMERUP, I., KUEK, C AND DELL, B. 1992. Ectomycorrhizas. In: *Microorganisms that Promote Plant Productivity*. Kluwer Press, Amsterdam. Eksik gibi
- MERCY, M. A., SHIVASHANKAR, G., BAGYARAJ, D. J., 1990. Mycorrhizal colonization in cowpea is host dependent and heritable. *Plant Soil*, 121: 292-294.
- MORTON, J., 1994. Mikoriza Üretim Metodları ve Uygulaması. *INVAM Newsletter* Vol.4, No.2; September.
- MOSSE, B., 1981. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture, *Research Bulletin*, Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, pp. 82.
- MURPHY, Y., and RILEY, J. P., 1962. A Modified Single Solution Method For Determination of Phosphate in Natural Waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- OLSEN, S. R., V. cole, F. S. Watanabe C. A. Dean , 1954. Estimations of Available Phosphorus in soils by Extractions with sodium Bicarbonate U.S. Dept. Of Agric. *Cric*, 939-941.
- ORTAŞ, İ., ORTAKÇI, D., KAYA, Z. 2002b. Various mycorrhizal fungi propagated on different hosts have different effect on citrus growth and nutrient uptake *Commun. Soil Sci. Plant Anal*, 33: 1-2.
- ORTAŞ, İ. 1997. Determination of the Extent of Rhizosphere Soil. *Communication Soil Science and Plant Analysis*. 28 (19-20): 1767-1776.
- ORTAŞ, İ., 1996. The influence of use of different rates of inoculum on root infection plant growth and phosphorus uptake. *Com. Soil Scien. and Plant Analyses*, 27/18-20: 2935-2946.
- ORTAŞ, İ., 1997. Mikoriza Nedir? *TÜBİTAK Dergisi*. Şubat 1997. Sayı 351, s.92-95. Ankara.
- OSONUBI, O., 1994. Comparative effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*sorghum bicolor* L.) plants under drought stressed condition. *Biol. Fertil. Soils*, 18: 55-59.

- ÖZCAN, H. VE S. TABAN, 2000. VA-Mycorrhiza'nın Alkaline ve Asit Toprakta Yetistirilen Mısır BitkisininGelisimi ile Fosfor, Çinko, Demir, Bakır ve Mangankonsantrasyonlar Üzerine Etkisi. Turk J Biol, 24:629-635
- RABIE GH, ALMADİNİ AM 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of Vicia faba plants under salinity stres. African Journal of Biotechnology. 4 (3): 210-222.
- RATNAYAKE, R. T., LEONARD, R. T., MENGE, J. A., 1978. Root exudation inrelation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizalinfection. New Phytologist, 81: 543-52.
- REDHEAD, J.F., 1977. Endotrophic mycorrhizas in Nigeria: species of the Endogonaceae and their distribution. Trans.Br.Mycol.Soc.,69:275-280.
- RICHERDS, L. PA, 1954. Diagnosis and Improvment of Saline and Alkaline Soils. Handbook 600.U.S. ept. Of. Agriculture. Sanki eksik
- RONCADORI, R. W., HUSSEY, R. S., 1977. Interaction of the endomycorrhizalfungus Gigaspora margarita and root - knot nematode on cotton. Phytopath,67: 1507-1511.
- SANDERS, F. E., 1975. The effect of foliar-applied phosphate on the mycorrhizalinfections of onion roots. In 'Endomycorrhizas'(eds. Sanders, E. F., Moss,B., and Tinker, P. B.). Academic Press, London, pp: 261-276.
- SCHENCK, N. C., and PEREZ, Y., 1990. Manual For The Identification of Va Mycorrhizal Fungi. 3.Rd Edition. Eksik gibi
- SCHENCK, N. C., KELAM, M. K., 1978. The influence of vesicular-arbuscularmycorrhizae on disease development. Agriculture Experimental StationTechnical Bulletin, Florida, 798.
- SCHENCK, N. C., SCHRODER, V. N., 1974. Temperature responses of *Endogone* mycorrhiza on soybean roots. Mycologia, 66: 600-605.
- SCHONBECK, E., DEHNE, H. W., 1979. The influence of endotropic mycorrhiza on plant parts, *Olpidium brassicae*, TMV. J. of Plant Disease Protec, 86: 103-112.
- SCHÜSSLER A, SCHWARZOTT D, WALKER C. 2001. A New Fungal Phylum, The Glomeromycota: Phylogeny and Evolution. Mycological Research. 105: 1413-1421
- SHAFFER, S.R., SCHOENEBERGER, M.M., HORTON, S.J., DAVEY, C.B., MILLER. J.E., 1996. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhizal fungi and anion content of simulated rain on subterranean clover. U.S. Department of Agriculture- Agricultural Research Service, 1509 Varsity Drive, Raleigh, NC 27606, USA.
- SHARMA AK, SRİVASTAVA PC (1991). Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae and zinc application on dry matter and zinc uptake of greengram (*Vigna radiata* L. Wilczek). Biology and Fertility of Soil. 11 (1): 52-56.
- SILLANPAA, M., (1982). Micro nutrients and the nutrient status of soils. A global study. FAO Soils Bulletin, No.48, FAO, Rome
- SIMPSON, D., and DAFT, M.J., 1990. Spore Production and MycorrhizalDevelopment in Various Tropical Crop Hosts Indicted with *Glomus Clarum*. Plant and Soil, 121:171-178.
- SIMSON, D., DAFT, M. J., 1990. Interactions between water-stress and differentmycorrhizal inoculation on plant growth and mycorrhizal development inmaize and sorghum. Plant and Soil, 121: 179-186.

- SINGH, S., and KAPOOR, K. K., 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. *Biol Fert Soils* 28(2): 139-144.
- SIEVERDING, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany pp: 372
- SMITH, S.E., WALKER, N.A., 1981. A quantitative study of mycorrhizal infection in *Trifolium*: separate determination of the rates of infection and mycelial growth. *New Phytologist*, 89: 225-240.
- SMITH, S. E., ST. JOHN, B. J., SMITH, F. A., NICHOLAS, D. J. D., 1985. Activity of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in *Trifolium subterraneum* L. and *Allium cepa* L. effects of mycorrhizal infection and phosphate nutrition. *New Phytol*, 99: 211-27.
- SMITH, S. E., READ, D. J., 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, pp: 453-469.
- SMITH, S., and READ, D.J., 2008: *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego, CA. Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*, Third Edition (Hardcover). Academic Press is an imprint of Elsevier, New York, pp: 800.
- SÖNMEZ, F., ÇİĞ, F., ERMAN, M. VE TÜFENKÇİ, Ş. 2013. Çinko, Tuz ve Mikoriza Uygulamalarının Mısırın Gelişimi ile P ve Zn Alımına Etkisi. *YYÜ. Tar. Bil. Derg.*, 23(1): 1-9.
- SRIVASTAVA, D., KAPOOR, R., SRIVASTAVA, S. K., MUKERJI, K. G., 1996. SURI, V.K., CHOUDHARY, A.K., CHANDER, G., and VERMA, T.S., 2011. Influence of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Applied Phosphorus on Root Colonization in Wheat and Plant Nutrient Dynamics in a Phosphorus-Deficient Acid Alfisol of Western Himalayas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(10): 1177-1186.
- TARAFDAR, J. C., MARSCHNER, H., 1995. Dual inoculation with *Aspergillus funigatus* and *Glomus mosseae* enhances biomass production and nutrient uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) supplied with organic phosphorus as Na-phytate. *Plant and Soil*, 173: 97-102.
- TESTER, M., SMITH, E. A., SMITH, S. E., 1985. Phosphate inflow into *Trifolium subterraneum* L., effects of photon irradiance and mycorrhizal infection. *Soil Biology Biochemistry*, 17: 807-810.
- THOMAS, G.W. 1982. Exchangeable Cations p. 159-165 chemical and Microbiological properties. *Agronomy Monography No:9*, A.S.A.-S.S.S.A. Madison, Wisconsin, USA
- THOMSON, B. D., ROBSON, A. D., ABBOTT, L. K., 1990. Mycorrhizas formed by *Gigaspora calospora* and *Glomus fasciculatum* on subterranean clover in relation to soluble carbohydrate concentrations in roots. *New Phytol*, 114:217-225.
- TINKER, P.B., 1975. The chemistry of phosphorus and effects on plant growth in Endomycorrhizas (Eds. Sanders, F.C., Mosse, B. And Tinker, P.B.). Academic Press, London.
- TINKER, P.B., 1980. Role of rhizosphere microorganisms in phosphorus uptake by plants. "In The Role Of Phosphorus in Agriculture" (Eds. Khasawneh, F.E. et al.) ASA-CSSA-SSSA, Madison, USA.

- TRAQUAIR J. 1995. Frequently Asked Questions about Fungi and Mycorrhizae. Fungi and Mycorrhizae FAQs. <http://lists.ibiblio.org>
- TUFENKÇİ, Ş., SÖNMEZ, F., GAZİOĞLU, SENSOY Rİ., 2006. Effects of arbuscular mycorrhiza fungus inoculation and phosphorous and nitrogen fertilizations on some plant growth parameters and nutrient content of soybean. Pakistan Journal of Biological Sciences, Pakistan Journal of Biological Sciences. 9 (6): 1121-1127.
- VIERHEILIG, H., and OCAMPO, J. A., 1991. Receptivity of varios wheatcultivars to infection by VA- mycorrhizal fungi as influenced by inoculumpotential and the relation of VAM- effectiveness to succinic dehydrogenaseactivity of themycelium in the roots. Plant and Soil, 133 (2): 291-296.
- VON REICHENBACK HG, SCHENBECK F. 1995. Influence of VA mycorrhiza on droughty tolarence of flax(Linum usitatissimum L.) II. Effevt of VA mycorrhiza on stomatal gas exchange, shoot water potential, phosphorus nutrition and the accumulation of stress metabolites. Angew. Bot.69: 183-188.
- WALKEY, A. 1947. Critical Exsamination of a Raapid Method for Determining Organic Carbon in soils: Effect of Varationsel in digestion.
- WALSH, L.M., and BEATON, J.D., 1973. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society Of America Journal, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- YOUNG, C. C. , Juang, T. C. , and Guo. , 1985. The effect of inoculation with vesiculararbuscularmycorrhiza fungi on soybean yield and mineral phosphorus utilization in subtropical-tropical soil. Plant and Soil, 95: 245-253.
- YÜCEL, C. 2007. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Doktora Tezi.
- YÜKSEL, A., 2006. İki farklı yetiştirme ortamında değişik kompost uygulamalarının üçgül ve soğan bitkilerinin gelişimi, besin elementleri alımı ve mikoriza infeksiyonu üzerine etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- ZHU, Y-G., SMITH, S. E., BARRITT, A. R., SMITH, F. A., 2001. Phosphorus (P) efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars. Plant and Soil, 237: 249-255.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Halide Yıldıztekin
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi :Suruç, 15.05.1984
Telefon : 0 5453942925
e-mail : halide_yildiztekin@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Şanlıurfa Lisesi	Ş.Urfa	2004
Üniversite	: Harran Üni. Ziraat Fakültesi Top. Bil. ve Bit. Besleme	Ş.Urfa	2011
Yüksek Lisans	: Harran Üni. Fen Bil. Enstitüsü Top. Bil. ve Bit. Besl. Ana Bilim Dalı	Ş.Urfa	2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012	Suruç Ziraat Odası	Laboratuvar Sorumlusu