

## Mikoriza Sporlarının Üretim Tekniği ve Tarımda Kullanım Olanakları

İbrahim ORTAŞ, Betül ERGÜN, Derya ORTAKÇI, Server ERCAN, Ökeş KÖSE  
Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 04.11.1998

**Özet:** Doğadaki bitki türlerinin % 96'sından fazlası ile simbiyotik yaşam sürdüren mikoriza mantarlarının teknolojik olarak üretilmesi henüz mümkün olmadığından, konukçu bitkilerin kökleri aracılığı ile sporların üretilmesi halen bir zorunluluktur. Mantar sporlarının bitki kökleri aracılığı ile üretilip çoğaltılmasının mikoriza çalışmaları içerisinde öncelikli bir yeri vardır. İleride yapılacak mikoriza ile ilgili araştırmalarda kullanılmak üzere en çok ve en etkin infeksiyon sağlayan mikoriza türlerinin ve bunları çoğaltmak için en uygun konukçu bitkinin belirlenmesi de ayrıca önemlidir. Bitki köklerinin maksimum düzeyde infekte olabilmesi ve uygun miktarda sporlarını çoğaltılabilmesi için bitki büyüme ortamı olarak kullanılacak materyalin niteliği de önem arz etmektedir.

Bu araştırma ile hızlı ve bol miktarda mikoriza sporlarının üretilmesi için etkin mikoriza türünün tespiti, mikoriza ile iyi infekte olan konukçu bitki türü yada çeşidinin seçimi ve bitki büyüme ortamı olarak kullanılacak uygun harç ortamının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada Vesiküler Arbusküler (VA) mikoriza türü ile aşılama değişik bitki türleri ile değişik harç ortamları kullanılmıştır. Deneme bulgularında konukçu bitki olarak mısır bitkisinin daha etkin bir infeksiyon sağladığı belirlenmiştir. Mikoriza türlerinden *Glomus etunicatum*, *Glomus mosseae*, ve *Glomus caledonium* ve *Glomus clarum* türlerinin sırasıyla en fazla spor ürettikleri gözlenmiştir. En uygun harç ortamı olarak 1:3:6 oranındaki yanmış hayvan gübresi:toprak:kum karışımı belirlenmiştir.

### The Production Technique of Mycorrhizal Spore for Using in Large Arable Land

**Abstract:** Almost %96 of plant species are mycorrhizal infected. Some of them request definitely mycorrhizal infection. Since growth of spores are obligate to the living plant roots, it is nearly impossible to produce mycorrhizal spores under the laboratory conditions. Production of mycorrhizal spores is one of the important step of mycorrhizal work. It is also very important to know the minimum amount of inoculum in order to reach the maximum percentage of infection.

The aim of this research was to select the best host plant, in order to obtain high level of mycorrhizal infection, mycorrhizal species and to find the best growth medium. It has been found that maize was the best host plant for maximum spore production. *Glomus etunicatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and *Glomus clarum* gave the highest number of spores respectively, based on relative spore production and root infection. Those spores were determined to be the best fungus as sources of inoculum for further use in the experiment. It has been found that 1:3:6 ratio of organic manure :soil:sand mixture is the best medium for plant growth.

### Giriş

Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalarda bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra çoğunlukla mikoriza diye adlandırılan ve teşhisi mikroskop altında yapılan ve çok miktarda hif üreten fungus türleri tarafından alındığı tespit edilmiştir (1,2). Doğadaki bitki topluluklarının % 96'nından fazlasının kök yapıları mikoriza mantarları ile karşılıklı simbiyotik yaşam içindedirler (1, 3, 4). Karşılıklı bu simbiyotik yaşam gereği olarak bitki mikorizaya enerji kaynağı olarak karbon vermekte, buna karşılık mantar da bitkinin gereksinim duyduğu besin elementleri ve su alımını sağlamaktadır.

Konukçu bitki mikoriza arasındaki simbiyotik ilişki ekosistemdeki besin döngüsü yanında, bitki topluluklarının canlılığının devamını sağlamaktadırlar (1, 5, 6, 7).

Toprakta hareketliliği zayıf olan fosfor (P) gibi besin elementleri toprakta yetersiz olduğunda veya fikse edildikleri zaman bitki kökleri tarafından bitkinin gereksinimini karşılayacak oranda alınamamaktadırlar. Özellikle kök sistemi kalın olan bitki türleri oluşturdukları toplam kök yüzey alanları çok düşük olduğundan, bu tür bitkilerin büyüdüğü toprak ortamı ile değindikleri toplam yüzey alanları da az olmaktadır (6, 7, 8, 9, 10,

11). Bunun doğal bir sonucu olarak bitkilere besin elementleri ve su yeterince sağlanmadığı durumlarda doğal gereksinimlerini karşılamak için bitkiler rizosfer pH'sının değiştirilmesi, kök salgıları, kök morfolojisi ve fizyolojisinde değişimler yaratması ve mikroorganizmalarla simbiotik yaşam oluşturması gibi doğal adaptasyon mekanizmaları gerçekleştirmişlerdir. Mikroorganizmalardan, mikoriza mantarlarının gerçekleştirdiği simbiotik ilişki ile gerek kök içinde gerekse kök dışında mantarın geliştirmiş olduğu hifler aracılığı ile bitki gelişimi için gerekli beslenme koşullarının oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Mikoriza hifleri çok ince yapısı ile köklerin giremediği ince porlara girerek su ve besin elementlerinden yararlanabilmektedirler

Bitki topluluklarının büyük çoğunluğu mikoriza mantarına bağımlı olup yaşamları mikoriza mantarının varlığına bağlıdır. Bazı bitkiler için mikoriza mantarı mutlak gerekli olup yüksek düzeyde gübreleme uygulamalarına karşın bitkiler yine de mikorizal enfeksiyona gereksinim duymaktadırlar(1).

Mikorizanın bitki toplulukları ile olan enfesiyonu toprakta var olan sporlar tarafından sağlanmaktadır. Mikoriza sporlarının üretilmesi ve toprağa uygulanması şu ana kadar konu ile ilgili bilim adamlarının üstesinden gelemediği zorluklardan biridir. Bu konu özellikle de toprak mikrobiyologları ve ekolojilerinin son yıllardaki uğraş alanları arasındadır. Bu bağlamda doğada var olan mikoriza türlerinin belirlenmesi ve bunlardan aktif olarak çalışanların selekte edilip yeniden çoğaltılarak uygulanması veya doğal mikorizanın etkinliğini artıracak tarım tekniklerinin geliştirilmesi gelecekte araştırmaların ilgi odağı olacaktır. Ayrıca bugün bilinmesi gereken bir diğer konu da kitle halinde mikoriza üretmek değil, mikorizanın doğal koşullarda çevresi ile olan karmaşık ilişkilerinin inokülüm üzerine olan etkilerinin belirlenmesidir (2). Mikoriza etkinliğini sağlayan faktörlerin başında toprak özellikleri ile mantarın ekolojik özelliklerinin çakışması gelmektedir. Mikoriza mantarlarının tarla topraklarındaki inokülasyon ve uzun süreli etkilerinin bitki gelişimine olan etkileri çoğunlukla toprak biyolojik özelliklerinden diğer mikroorganizma ile başarılı mücadele şekline bağlıdır. Mikoriza ekolojisine ilişkin bilgilerin yeterince anlaşılması ve ona uygun üretim tekniklerinin geliştirilmesi araştırmaların yoğun olarak sürdürüldüğü alanları oluşturmaktadır.

Mikoriza sporları yapı, bitkilerdeki enfeksiyon şekilleri ve kök içindeki morfolojik ve fizyolojik yapıları itibarıyla

taksonomik yönden büyük farklılık göstermektedirler (6). Mikoriza türleri bitki kök içindeki ve dışındaki görünüşleri ve taksonomik özellikleri yönünden beş grup altında sınıflandırılmaktadır. Bu taksonomik farklılıklar aynı zamanda bitkilerin beslenme düzeyleri yönünden de farklılıklar göstermektedirler (5). Genelde bitki topluluklarının büyük çoğunluğu iki büyük mikoriza grubu olan endo ve ekto-mikoriza türleri tarafından enfekte edilmektedirler. Ekto-mikoriza daha çok yüksek yapılı orman ağaçlarının kök yapılarında bulunmakta olup, kök içindeki genel görünümü ve mikorizanın hifleri korteksteki hücreler arası boşlukları doldurması ve doldurulan ortamdaki "harting net" olarak adlandırılan hifler oluşturması ile bilinmektedirler (4, 5, 7). Kökün dış yüzeyinde ise "mantle" örtü olarak adlandırılan kökçük görünümdeki çokça dallanmış hifler oluşmaktadır (11). Bu kökçükler çevresini saran toprağa nüfuz ederek derinlerdeki besin elementlerinden yararlanmaktadırlar (8).

Endo-mikoriza ise ekto-mikorizanın aksine kortekste hem hücreler arası boşlukta hem de hücre içi boşluklarda oluşmaktadır (7). Mantar kortekste geliştiği için ortamda lipidce zengin oval görünümlü yapılar oluşturulmaktadır ki bunlar "vesiküler" olarak adlandırılır. Vesiküllerin dışarıdan alınan besin elementlerini depo ettiği ve gereksinime göre içeriye saldıdığı tahmin ediliyor (6). Ayrıca hücre içlerinde ağaçların kök yapılarındaki dallanmayı andıran yapılar oluşmaktadır ki buda "arbüsküler" olarak adlandırılır (11). Mikorizanın arbüsküler sayesinde dışarıdan sağladığı besin elementlerini bitki dokularına aktardığı düşünülmektedir. Endo-mikorizanın bir çok türü olmasına rağmen en yaygın olanları vesiküler ve arbüsküler oluşturmalarından dolayı bu grup mikoriza artık vesiküler-arbüsküler mikoriza (VAM) olarak biliniyor (2). Dünyadaki çoğu topraklarda ve bitki toplulukları VA türü mikoriza ile enfekte olduklarından günümüze kadar çokça ilgi duyulmuştur. VA mikorizanın topraktaki sporları, yapıları ve bitkiler tarafından enfekte olmaları yönünden farklılıklar göstermekte olup taksonomik olarak alt sınıflar olarak yeniden sınıflandırılmaktadırlar (3).

Doğadaki bitki türlerinin tamamına yakını ile simbiyotik yaşam sürdüren mikoriza mantarlarının teknolojik olarak üretilmesi henüz mümkün olmadığından, konukçu bitkilerin kökleri aracılığı ile sporların üretilmesi halen bir zorunluluktur (2, 3, 13 ). Mantar sporlarının bitki kökleri aracılığı ile üretilip

çoğaltılmasının mikoriza çalışmaları içerisinde öncelikli bir yeri vardır. İleride yapılacak mikoriza ile ilgili araştırmalarda kullanılmak üzere en çok ve en etkin enfeksiyon sağlayan mikoriza türlerinin ve bunları çoğaltmak için en uygun konukçu bitkinin belirlenmesi de ayrıca önemlidir. Bitki köklerinin maksimum düzeyde infekte olabilmesi ve uygun miktarda sporların çoğaltılabilmesi için bitki büyüme ortamı olarak kullanılacak materyalin niteliği de önem arz etmektedir.

Bu araştırma ile hızlı ve bol miktarda mikoriza sporlarının üretilmesi için etkin mikoriza türünün tespiti, mikoriza ile iyi infekte olan konukçu bitki türü yada çeşidinin seçimi ve bitki büyüme ortamı olarak kullanılacak uygun harç ortamının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Araştırma bir model çalışması olup bir çok bağımsız ve birbirini takip eden denemeler zincirinden oluşmaktadır. Bu nedenle her denemenin amacı, materyal ve metot kısımları birbirlerinden ayrı olduklarından her deneme ayrı ayrı incelenmiştir.

## Materyal ve Metot

### Mikoriza Türleri

Denemelerde kullanılan mikoriza türleri (Tablo 1) yurtdışından değişik alanlarda izole edilerek tescil edilmiştir.

### Yetiştirme Ortamları

Yetiştirme ortamı olarak aşağıda denemelerin amacına bağlı olarak kuvars kumu, dere kumu, deniz kumu, toprak, kompost, yanmış hayvan gübresi tek başlarına veya değişik oranlarda karışımları şeklinde kullanılmışlardır.

### Metot

#### Sterilizasyonu İşlemi

Denemelerde kullanılan yetiştirme ortamları 121°C'de birer saat arayla iki defa otoklav edilmişlerdir. Sterilizasyon işlemindeki amaç, yetiştirme ortamındaki zararlı patojenleri veya canlıları ortamdaki elimine etmek ve bunun yanı sıra topraktaki mevcut mikoriza sporlarını deforme ederek aşılana sporların bitki üzerindeki direkt etkisini araştırmaktır. Otoklav edilen yetiştirme ortamı bir süre bekletilerek toprakların kimyasal ve biyolojik dengesine gelmesi sağlanmıştır.

## Saksıların Sterilizasyonu

Denemelerde değişik hacim büyüklüklerinde plastik saksılar kullanılmış olup saksılar deneme öncesi çeşme suyu ile yıkandıktan sonra seyreltik %1'lik HCl çözeltisinden geçirildikten sonra üç defa saf sudan geçirilmişlerdir. Deneme öncesi saksılar bir kez de etanol ile steril edilmişlerdir.

### Mikoriza Sporlarının Sayımı

Mikoriza sporları Gerdemann ve Nicolson (14)'ün belirttikleri yöntemle göre izole edilip nematod sayım kaplarında stereo mikroskop altında 25 büyütme ile sayılmıştır.

### Mikoriza İnfeksiyonu Belirlenmesi

Kök temizleme ve boyama işlemi Koske ve Gemma (15)'e göre yapılmıştır. Kökler iyice yıkandıktan ve içindeki ölü kökler ayıklandıktan sonra bitki kökleri bir petri kutusuna alınmış ve bu kökler 1 cm uzunluğunda segmentlere ayrılmıştır. Bu işlemleri takiben, 1 cm aralıklarla kesilmiş kökler test tüplerine aktarılmıştır. Kök enfeksiyon %'si mikroskop altında 40-60 büyütmeyle Giovenetti ve Mosse (16) tarafından belirlenen yöntemle göre belirlenmiştir.

### Mikoriza Uygulaması

Yetiştirme ortamı saksılara yerleştirilirken daha önce belirlediğimiz oranda yaklaşık 10 g mikoriza inokulumu bir tabaka halinde tohum yatağının yaklaşık 3 cm altına serilerek üzeri yine aynı yetiştirme ortamı ile kapatıldıktan sonra tohumlar ekilmişlerdir. Ekimde saksıların yüzeyi hafifçe sulanmış ve çimlenmeden sonra günlük olarak bitkinin gereksinim duyduğu oranda sulama yapılmıştır.

### Büyütme Ortamı:

Deneme kontrollü koşullarda iklim odasında 16 saat ışık, 8 saat karanlık periyotta 25°C'de yürütülmüştür. Deneme süresince bitkilerin gelişimine bağlı olarak gereksinime göre Hewitt besin çözeltisi (17) 1/4 oranında sulandırılarak sulama suyu ile birlikte saksılara uygulanmıştır.

### Bitkilerin Hasat Edilmesi ve Hasat Sonrası Yapılan İşlemler

Deneme bitkileri fizyolojik olgunluklarını tamamladıkları zaman, toprak yüzeyinden 1 cm yükseklikten hasat edilmiş ve mikoriza sporlarının olgunlaşması için saksılar yaklaşık 3 hafta daha

dinlenmeye bırakılmıştır. Hasat sonrası iyice kuruyan ortamdaki bitki kökleri temiz bir makas kullanılarak 1 cm uzunluğundaki küçük kısımlara ayrılarak karıştırılmıştır. İnokülüm ortamı daha sonra plastik kaplar içerisinde etiketlenerek ileride kullanılmak üzere üzere +4°C'de soğuk iklim odasına alınmıştır.

## Denemeler

### Deneme I

Amaç: Yurtdışında sağlanan değişik mikoriza çeşitlerinin kum kültüründe yeniden çoğaltılması.

### Materyal ve metot

Büyüme ortamı olarak kuvars kumu, konukçul bitki olarak da sorgum kullanılmıştır.

### Denemenin Kurulması

Otoklav edilmiş olan kuvars kumu 1.5 kg kapasiteli, plastik saksılara yerleştirildikten sonra ekim işlemi yukarıda belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemede 5 sorgum tohumu ekilmiş olup çimlenmeden sonra her saksıda iki bitki olacak şekilde seyreltme yapılmıştır.

### Araştırma Bulguları

Ekimden yaklaşık 3 ay sonra sorgum bitkisi hasat edilmiş ve hasat sonrası saksılardaki sporların olgunlaşması için yaklaşık iki hafta süreyle dinlenmeye bırakılmışlardır. Hasat sonrası saksılardan elde edilen 10 gram kumdaki spor sayısı aşağıdaki Tablo.1'de verilmiştir.

Orijinal inokülümünün kendi koşullarımızda üretilmesine yönelik yürütülen araştırmada sorgum ortamında 10 g inokülümdeki mikoriza spor sayısının orijinal sayının üzerinde olduğu gözlenmiştir. Denemede genelde Tablo 1'de de görüldüğü gibi *G. Mosseae* türü mikorizaların daha fazla spor ürettikleri görülmüştür. En düşük düzeyde spor sayısı mısır bitkisi ortamında çoğaltılmış olan *Acaulospora Laevis* türünde elde edilmiştir.

Sonuçlardan da görüleceği gibi yeniden üretilen sporlar etkin olup yeniden bitkileri infekte ederek orijinalleri kadar spor üretmişlerdir. Bu bulgular eldeki sporların etkin olarak çalıştıklarını göstermektedir.

### Deneme II

Amaç:Yoğun mikoriza üretiminin gerçekleştirilmesi için Deneme I'de elde edilen sporların yeniden üretilip çoğaltılması amaçlanmıştır.

### Materyal ve Metot

Yetiştirme ortamı olarak denemede kuvars ve deniz kumu + toprak karışımı (5:4:1 v/v) kullanılmıştır. Deniz kumunu tuz ve kireçten arındırmak amacıyla bir kaç kez musluk suyu ile yıkandıktan sonra % 3 'lük HCl çözeltisinden geçirilmiştir. Bunu takiben kum ortamı bir kaç kez saf su ile yıkanmıştır. Bunu takiben ortam otoklav işleminden geçirilmiştir. Konukçu bitki olarak sorgum bitkisi kullanılmıştır.

Denemede Tablo 1'deki Orijinal ve kuvars kumu

Tablo 1. Ana kaynak olarak değişik bitki köklerinden çoğaltılmış mikoriza türlerinin sorgum bitkisiyle kuvars kumu ortamında üretmiş oldukları mikoriza sporlarının dağılımı

Mikoriza Türü	Orijinal sporların çoğaltıldığı konukçul bitki	Mikorizanın sağlandığı kaynak	Orijinal ortamdaki spor sayısı (10 g inokülüm)	Hasat sonrası sayılan spor sayısı (10 g inokülüm)
<i>G. Mosseae</i>	sorgum	İngiltere	435	1526
<i>G. Mosseae</i>	pırasa	İngiltere	737	689
<i>G. Mosseae</i>	mısır	Almanya	50	585
<i>G. Mosseae</i>	mısır	ABD	414	325
<i>G. Mosseae</i>	soğan	ABD	506	699
<i>G. Caledonium</i>	mısır	Almanya	65	369
<i>G. Caledonium</i>	sorgum	Brezilya	295	585
<i>G. intraradix</i>	pırasa	ABD	10	451
<i>G. Etinacium</i>	mısır	İngiltere	221	652
<i>G. Clarum</i>	sorgum	İngiltere	29	487
<i>Acaulospora Laevis</i>	mısır	ABD	14	25
<i>Acaulospora Leavis</i>	mısır	İngiltere	327	781

ortamında yetiştirilen mikoriza türleri karşılaştırmalı olarak denemeye alınmışlardır.

### Araştırma Bulguları

Deneme I'de üretilip çoğaltılan sporların eski kaynakları ile karşılaştırılması amacıyla yapılan denemede eski kaynaktaki mikoriza sporlarının halen aktif olarak yenilerine oranla bir kısmının daha iyi çalıştıkları belirlenmiştir. Genelde yeni kaynaklardan *G. Mossea* türlerinin daha aktif oldukları belirlenmiştir. Deneme I'de aynı şekilde *G. Mossea* türü mikoriza inokülümünün daha yüksek kök infeksiyonu ve spor ürettikleri belirlenmiştir. Kuru madde üretimi ve % infeksiyon oluşumu yönünden de çeşitler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. *G. Caledonium* inokülümünün eski ve yeni türleri sorgum ortamında diğer türlere göre daha düşük düzeyde infeksiyon gerçekleştirmiştir. Her ne kadar bu denemede en yüksek kuru madde üretimim *G. Etinacatium* uygulamasında elde edilirse de aynı oranda % infeksiyon yüksek bulunmamıştır. Tablo 2'de de görüleceği gibi kuru madde üretimi, mikoriza spor oluşumu ve % infeksiyon arasında yüksek bir ilişki kurulamamaktadır.

### Deneme III

Amaç: Soğan ve pırasa bitkilerinin ve değişik mikoriza çeşitlerinin kum+toprak harç ortamında % infeksiyon ve spor oluşumu üzerine etkisi.

### Materyal ve Metot

Bitki yetiştirme ortamı olarak dere kuvars kumu: ve toprak (9:1) karışımı kullanılmıştır. Denemede soğan ve

pırasa bitkileri konukçu bitkiler olarak kullanılmıştır. Mikoriza inokülümü olarak Tablo 3'de belirtilen çeşitler kullanılmıştır.

### Araştırma Bulguları

Araştırma bulgularına göre her iki bitki çeşidi de yüksek derecede bir infeksiyon gerçekleştirmiş olup *G. Mossea* çeşidi mikoriza uygulaması Tablo 3.'de de görülebileceği gibi diğer iki çeşitte oranla daha fazla kuru madde üretimi sağlamıştır. Aynı zamanda spor sayısı yönünden de *G. Mossea* diğer iki mikoriza türüne oranla daha fazla spor üretmiştir. Daha önceki Deneme I ve Deneme II'nin sonuçlarından da görüldüğü gibi *G. Mossea* türü diğer inokülümlere göre daha yüksek oluşturmuştur. Konukçu bitki bazında her üç mikoriza türü yönünden pırasa bitkisi hem infeksiyon hem de spor sayısı yönünden soğan bitkisine göre daha iyi bir performans göstermiştir.

Her iki konukçu bitki mikorizaya bağımlı olup bir çok denemede test bitkisi olarak kullanılmaktadırlar (2). Plenchette ve ark., (18)'e göre pırasa son derece mikorizaya bağlı bir bitki olup iyi bir infeksiyon sağlandığında verim ve toplam spor sayısını artırmaktadır. Her ne kadar mikoriza inokülasyonu her iki bitkiyi infekte ettiği ve buna bağlı olarak besin elementi alımını artırdığı iyi biliniyorsa da hangi mikoriza türünün hangi bitki ile daha iyi infeksiyon gerçekleştirdiği tam olarak bilinmiyor ve bu konuda da yeterince araştırmanın da yapılmadığı bilinmektedir (19). Araştırmama sonuçlarından görüleceği gibi mikoriza türlerinin bitki büyümesi üzerine olan etkileri farklı olmaktadır.

Tablo 2. Denemede üretilen mikoriza sporlarının ana mikoriza (eski kaynakları ile) ile etkinliklerinin karşılaştırılması.

Mikoriza Türleri	Gövde kuru Ağırlığı (g)	Mikorizal İnfeksiyon (%)	Spor sayısı (10 g toprak)
Kontrol	2.38	9	46
Yeni <i>G. Mosseae</i> (Pırasa)	6.53	50	409
Yeni <i>G. Mosseae</i> (Pırasa)	4.94	89	411
Eski <i>G. Mosseae</i> (Pırasa)	5.94	70	728
Eski <i>G. Mosseae</i> (Pırasa)	6.94	75	127
Yeni <i>G. Mosseae</i> (Mısır)	4.28	40	318
Eski <i>G. Mosseae</i> (Mısır)	3.35	72	1176
Eski <i>G. Mosseae</i> (Mısır)	4.97	64	214
Eski <i>G. Mosseae</i> (Mısır)	2.36	49	417
Eski <i>G. Mosseae</i> (Mısır)	1.76	44	32
Yeni <i>G. Caledonium</i>	3.97	53	203
Yeni <i>G. Caledonium</i>	3.38	54	71
Eski <i>G. Etinacatium</i>	3.64	34	775
Yeni <i>G. Etinacatium</i>	8.30	32	645
Yeni <i>G. Clarum</i>	3.99	58	148
Eski <i>G. Clarum</i>	3.41	68	252

Tablo 3. Değişik mikoriza izolatlarının konukçu Soğan ve Pırasa bitkilerinin kuru madde üretimi ve spor üretimi üzerine olan etkisi ( Değerler üç tekerrürün ortalamasıdır).

Konukçu Bitki	İnokülüm türü	Kuru madde üretimi (g/saksı)	% Kök İnfeksiyonu	Spor sayısı (10 g inokülüm)
Soğan	Kontrol	0.27	0	0
	G. mosseae	1.35	68	150
	Acaulospora Leavis	1.27	59	146
	G. intraradix	1.21	75	140
	Kontrol	0.45	0	0
Pırasa	G. mosseae	1.72	74	231
	Acaulospora Leavis	1.35	66	195
	G. intraradix	1.25	73	218

#### Deneme IV

Amaç: Değişik mikoriza türlerinin ve konukçu bitki türlerinin % infeksiyon ve spor oluşumu üzerine etkilerinin ardışık denemelerle araştırılması.

#### Materyal ve Metot

Literatür bilgisinden hareket edilerek seçilen mısır, kasımpatı ve sorgum bitkileri konukçu bitkiler olarak kullanılmıştır. Tablo 4'de gösterilen mikoriza türleri de inokülüm olarak kullanılmıştır. Söz konusu mikoriza türleri daha önceki denemelerde kullanılan türlerden seçilmiştir. Yetiştirme ortamı olarak 1:1:2 toprak, yanmış hayvan gübresi, ve dere kumu karışımı kullanılmıştır. Deneme ardışık olarak iki defa kurulmuştur. İkinci denemede kasımpatı yerine yonca konukçu bitki olarak kullanılmıştır.

#### Araştırma Bulguları

Tablo 4'de görüldüğü gibi mısır ortamında yetiştirilen *G. Mossea* ve *G. Caledonium* inokülümleri mısır ve kasımpatı ortamlarında daha yüksek miktarda spor oluşturmuşlardır. Sorgum bitkisi konukçu olarak kullanıldığında ise kontrole göre inokülasyonla spor üretimi gerçekleşmiş fakat mısır bitkisinin oluşturduğu

spor sayısı kadar olmamıştır. Tablo 4'den de anlaşılacağı gibi her ne kadar uygulamalar arasında kuru madde üretimi yönünden bir farklılık olmamasına rağmen spor oluşumları yönünden aralarında önemli farklılıklar oluşmaktadır. Genelde istatistiki olarak spor üretimi amacıyla yapılan konukçu bitki verimleri ile spor sayıları ve infeksiyon arasında bir ilişki bulunmaktadır (7, 20). Grubumuz tarafından yapılan araştırma bulgularında da her hangi bir ilişki bulunamamıştır.

Aynı denemede kullanılan harç ortamı sabit tutularak bitki çeşidi ve mikoriza sporlarının türleri değiştirilerek yeniden spor üretimine geçilmiştir. Araştırma bulguları Tablo 4'deki verilerle paralellik göstererek en fazla spor mısır bitkisi konukçu olarak kullanıldığı zaman elde edilmiştir. Mısır bitkisini takiben sorgum ve kasımpatı bitkileri gelmektedir. Mikoriza türleri arasında en fazla spor üreten ise *G. Etinacium* ve *G. Clarum* olmuşlardır.

% mikoriza oluşumunun kontrole göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Her üç bitkinin de mikorizal oluşumu ve mikoriza yoğunluğu yönünde pek büyük bir farklılık olmamasına karşın mısır ve sorgum bitkileri kısmen kasımpatı bitkisine oranla daha fazla % infeksiyon oluşturmuştur. Mikoriza oluşumu ve % dağılımı

Tablo 4. Değişik mikoriza türlerinin değişik konukçu bitki ortamında ürettikleri spor sayısı

Mikoriza Çeşidi	Mısır			Kasımpatı			Sorgum		
	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	% İnfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	% İnfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	% İnfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)
Kontrol	19.18	4	19	5.01	1	10	1.31	4	12
G. Mosseae (Mısır)	18.62	41	37	4.31	15	42	1.37	52	85
G. Caledonium (Mısır)	15.31	35	9	4.78	21	11	1.38	50	41
G. Etinacium (Sorgum)	18.98	54	372	4.19	35	59	1.34	62	89
G. Clarum (Mısır)	17.52	44	285	4.11	32	210	1.30	54	203
G. Mosseae (Pırasa)	16.03	62	279	3.69	56	155	1.24	61	68

yönünden bitki türleri arasında belirgin farklılıkların olduğu görülmektedir.

Tablo 4'de kasımpatı bitkisinin yeterince etkin olmaması nedeniyle, bunun yerine yonca bitkisi kullanılmıştır. Yonca bitkisi de mikorizalı olup doğada iyi kök infeksiyonu gerçekleştirdiği rapor edilmektedir (6). Tablo 5'de de görüldüğü gibi mısır ve sorgum bitkilerinin bulunduğu ortamda *G. Etinacarium* *G. Mossea* türleri fazla mikoriza sporları elde ederken yonca bitkisi ortamında ise *G. Clarum* türü mikoriza mantarlarının en yüksek oranda spor ürettikleri belirlenmiştir. % infeksiyon yönünden yonca bitkisinin kök infeksiyonunun daha düşük düzeyde gerçekleştiği gözlenmiştir.

Genelde Tablo 4'deki bitki ortamında elde edilen % infeksiyon ve spor sayıları Tablo 5'de elde edilen değerlerden daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Nedeni tam olarak bilinmemekle beraber bir önceki yetiştirme ortamında elde edilen sporların daha etkin olmalarından kaynaklanabilir.

#### Deneme V

Amaç: Değişik harç ortamlarının % kök infeksiyonu üzerine olan etkisinin belirlenmesi.

#### Materyal ve Metot

##### Harç ortamları.

Harç I. Hayvan gübresi + toprak+ Kum (1:3:6) oranı kullanılmıştır. Kuvars kumu, dere kumu ve toprak karışımından hazırlanmıştır.

Harç II. Yanmış hayvan gübresi.+ toprak + kum (1:1:3) oranında hazırlanmıştır. Hazırlana harç ortamı daha sonra otoklav edilmiştir.

Harç III. Kompost+ toprak + kum (1:1:2) oranında hazırlanmıştır.

Denemede bir önceki denemede kullanılan mısır, sorgum ve yonca bitkileri konukçu bitki olarak kullanılmışlardır. Denemede Tablo 6'da belirtilen mikoriza türleri kullanılmışlardır.

#### Araştırma Bulguları

Araştırma bulgularına göre iki nolu harç ortamında konukçu bitki olarak mısır bitkisi yetiştirildiği zaman % Mikoriza infeksiyonunun diğer ortamlara ve bitkilere göre daha iyi gelişme gerçekleştiği belirlenmiştir.

Kuru madde üretimi bakımından I nolu harç ortamında yetişen bitkilerin II ve III nolu harç ortamlarına göre daha iyi durumda oldukları belirlenmiştir. Ayrıca % mikoriza oluşumu yönünden I ve II nolu harç ortamların III nolu harç ortamına göre daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. III nolu harç ortamında % infeksiyonun düşük düzeyde gerçekleşmiş olması büyük ihtimalle kullanılan kompost materyalinin olgunlaşmamış olmasından kaynaklanıyor olabilir. Kompost materyali gerek besin elementleri zenginliği ve gerekse ayrışma ürünleri arasındaki toksik maddeler nedeniyle mikorizal infeksiyonu negatif olarak etkilenmiş olabilir. Aynı deneme değişik bitkilerle ikinci defa yürütülmüştür (yayınlanmamış veriler) ve aynı şekilde III nolu harç ortamında mikoriza oluşumu ve spor sayıları düşük bulunmuştur.

#### Deneme VI

Amaç: Değişik harç ortamı, farklı konukçu bitkiler ve değişik mikoriza türlerinin % infeksiyon ve spor oluşumu üzerine etkileri.

#### Materyal ve Metot

Deneme materyali olarak kullanılan harç ortamı Deneme V'de ki bulguların ışığında I ve II nolu harçlar

Tablo 5. Mısır, Sorgum ve Yonca bitki ortamında beş değişik mikoriza çeşidinden en iyi bitki ve mikoriza çeşidinin belirlenmesi.

Mikoriza Çeşidi	Mısır			Sorgum			Yonca		
	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	% İnfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	% İnfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	% İnfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)
Kontrol	6.24	1	0	4.33	0	0	3.06	2	0
G. Mosseae (Mısır)	16.53	65	756	16.09	60	341	2.21	34	310
G. Caledonium (Mısır)	15.72	62	721	15.94	55	146	2.62	52	126
G. Etinacitium (Sorgm)	18.59	87	4143	15.91	89	1068	2.70	35	311
G. Clarum (Mısır)	35.20	48	219	17.38	71	118	1.75	60	2000
G. Mosseae (Pırasa)	16.43	65	750	13.6	74	879	2.45	45	304

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konukçu bitki olarak mısır ve sorgum bitkileri kullanılmıştır.

### Araştırma Bulguları

Deneme V' de incelenen I ve II nolu harç ortamları % infeksiyon yönünden daha yüksek oranda infeksiyon gerçekleştirdiği için bulguları teyit etmek amacıyla yeniden denemeye alınmıştır. Araştırma bulgularına göre her iki bitki çeşidinde mikoriza türlerine bakılmaksızın kök üstü kuru madde üretimi bakımında I nolu harç ortamında yetişen bitkiler II nolu harç ortamına göre daha yüksek bir performans göstermişlerdir. Mikoriza sporları ve % mikoriza infeksiyonu II nolu harç ortamında daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Konukçu bitki olarak sorgum ekildiği zaman II nolu harç ortamında % infeksiyonun I nolu harç ortamına göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Mikoriza spor üretimi yönünden I nolu harç ortamının II nolu ortamına göre daha iyi olduğu gözlenmiştir.

### Sonuç

Araştırmanın amacına yönelik olarak yapılan bir çok denemede elde edilen en önemli bulgu, ülkemizde mikoriza sporlarının üretilebilirliğinin mümkün olduğudur. Genel olarak araştırma süresince bir çok denemede hedeflenen 'Bitki kökleri aracılığı ile mikoriza

türlerinin çoğaltılması ve ileriki yıllarda saksı ve tarla denemelerinde kullanılması' doğrultusundaki araştırmaların amacı hızlı ve bol miktarda mikoriza sporlarının üretilmesi için etkin mikoriza türünün tespiti, mikoriza ile iyi infekte olan konukçu bitki tür yada çeşitlerinin seçimi ve bitki büyüme ortamı olarak kullanılacak uygun harç ortamının tespit edilmesi olmuştur.

Araştırmanın amacı doğrultusunda yurtdışından getirilen mikoriza türleri değişik bitki ve yetiştirme ortamlarında başarı ile çoğaltılmışlardır. Denemelerde mısır, soğan, pırasa, sorgum, yonca, kasımpatı bitkileri konukçu olarak kullanılmışlardır. Mısır bitkisinin diğer bitkilere oranla daha daha etkin bir infeksiyon sağladığı belirlenmiştir. Diğer bitkiler de literatürde mikoriza üretiminde kullanılan bitkiler olarak rapor edilmişlerdir (7, 13). Genelde denemelerde kullanılan konukçu bitkilerin tamamı mikoriza üretiminde kullanılmaktadırlar. Araştırmada kullanılan bitkilerin mısır bitkisi kadar başarılı şekilde kök infeksiyonu ve spor üretememiş olması bitki mikoriza ve yetiştirme ortamı interaksyonundan kaynaklanıyor olsa gerektir. İlk denemelerde çoğunlukla sorgum bitkisi başarılı bir şekilde kullanılırken Tablo 7'de yeterince etkin olmamıştır. Mısır bitkisi yaygın kök yapısından dolayı daha iyi bir infeksiyon gerçekleştirmiş olmasından dolayı etkin olmuş olabilir.

Tablo 6. Farklı harç ortamlarının üç değişik bitki türü (Mısır Yonca ve Sorgum) ve beş değişik mikoriza türünde % infeksiyon üzerine etkisi.

Konukçu Bitkiler	Mikoriza Türü	% İnfeksiyon			Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı (g)		
		Harç 1	Harç 2	Harç 3	Harç 1	Harç 2	Harç 3
Mısır	Kontrol	0	0	0	9.79	2.37	6.45
	G. Mosseae (Pırasa)	33	37	0	9.84	3.79	7.19
	G. Mosseae (Mısır)	60	56	20	7.24	3.23	7.95
	G. Caledonium (Mısır)	72	78	51	9.27	2.84	6.74
	G. Etinacatium (Sorgum)	56	18	1	10.96	2.22	6.28
	G. Clarum (Mısır)	2	0	7	10.59	3.37	7.28
Sorgum	Kontrol	0	0	0	7.13	1.87	3.27
	G. Mosseae (Pırasa)	21	20	17	2.21	1.67	4.08
	G. Mosseae (Mısır)	31	30	1	3.95	1.87	5.28
	G. Caledonium (Mısır)	24	30	3	5.28	1.46	5.56
	G. Etinacatium (Sorgum)	24	8	2	7.46	1.41	5.24
	G. Clarum (Mısır)	8	0	0	4.1	2.06	4.14
Yonca	Kontrol	0	0	0	2.11	0.75	1.04
	G. Mosseae (Pırasa)	15	21	17	1.34	1.03	0.92
	G. Mosseae (Mısır)	4	32	12	1.53	1.16	1.21
	G. Caledonium (Mısır)	15	41	14	2.09	1.05	1.08
	G. Etinacatium (Sorgum)	21	8	6	1.5	1.67	1.01
	G. Clarum (Mısır)	26	5	3	1.22	0.89	0.95



Araştırmada değişik mikoriza türleri kullanılmış olup bunlardan *G. mosseae*, *G. etunicatum*, *G. caledonium* ve *G. clarum* türlerinin sırasıyla en yüksek spor sayısını gerçekleştirmiş oldukları gözlenmiştir. Mikoriza türlerinin etkinliklerinin toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine göre farklı olmalarından (3. 4. 15. 21) dolayı denemelerde farklı sonuçlar göstermişlerdir. Özellikle toprak fiziksel koşulları ve konukçu bitki spor oluşumunda önemli bir faktör olarak yukarıdaki denemelerde de etken olmuştur (14. 21. 22. 23. 24). Ayrıca araştırmacının önemli varyantlarından olan uygun harç ortamına ilişkin araştırmada bir birinden bağımsız bir çok deneme yapılmış ve bunlardan sonuç alınanlar bu makalede ön plana çıkarılmışlardır. Literatürde bir çok ortam önerilmiş olup çoğunlukla inert ortamlar ön plana çıkarılmaktadır (2. 6. 13. 20. 22). Denemelerde kullanılan harç ortamları arasında en uygun olarak 1:3:6 oranındaki yanmış hayvan gübresi+ toprak + kum karışımı belirlenmiştir. Diğer ortamlardan kum + toprak karışımı da önemli derecede kullanılabilir fakat organik madde olduğu zaman ilave gübrelemeye gereksinim duyulmamaktadır. Toro ve Siverding (22) ve (23. 24)

organik madde içeriği ile mikoriza oluşumu arasında bir ilişkinin varlığını da belirlemişlerdir. Bu nedenle denemelerde kullanılan organik madde bitkinin vejetatif gelişme süresince düzenli beslenmesine katkıda bulunduğu için olasılıkla bitkinin beslenme yönünden herhangi bir problemi olmamıştır.

Araştırma çerçevesinde başlatılan çalışmalar sonucu onlarca ön deneme yapılmış olup çoğunun bu makalede sunulmadığı daha önce belirtilmiştir. Sonuçlardan çıkarılan özet ve pratiğe aktarılacak olan araştırma bulgularının sonucunda belirlenen en uygun yetiştirme ortamı ve konukçu bitki kullanılarak bundan sonra ileriki araştırmalarda kullanılmak üzere üretilecek olan mikoriza sporları için yukarıda önerilen mısır bitkisi uygun harç ortamında mikoriza sporları üretimi için kullanılacaklardır. Araştırma bundan sonra daha hafif ve taşınması kolay olan materyaller üzerinde denenerek yürütülecektir. Ayrıca bundan sonraki denemelerde bölgemizde izole edilen ve doğal mikoriza sporlarını içeren ve kokteyl inokülüm ortamı olarak adlandırılan mikorizalar eldeki mikoriza türleri ile karşılaştırılacaktır.

Tablo 7. İki farklı harç ortamında yetiştirilen mısır ve sorgum bitkileri ve değişik mikoriza mantarlarının enfeksiyon yüzdesi ve spor sayısı.

Konukçu Bitki	Yetiştirme Ortamı	Mikoriza Türü	Gövde kuru Ağırlığı (g)	% Enfeksiyon	Spor sayısı (10 g inokülüm)	
Mısır	Harç1	Kontrol	66.32	0.0	0	
		<i>G. Mosseae</i> (Pirasa)	68.15	61.14	718	
		<i>G. Mosseae</i> (Mısır)	66.32	48.59	238	
		<i>G. Caledonium</i> (Mısır)	66.91	82.46	858	
		<i>G. Etunicatium</i> (Sorgum)	68.52	55.95	324	
			<i>G. Clarum</i> (Mısır)	68.07	16.57	156
	Harç2	Kontrol	51.13	1.0	0	
		<i>G. Mosseae</i> (Pirasa)	52.58	43.6	6	
		<i>G. Mosseae</i> (Mısır)	37.51	44.6	31	
		<i>G. Caledonium</i> (Mısır)	43.47	82.8	5	
<i>G. Etunicatium</i> (Sorgum)		50.64	52.7	6		
		<i>G. Clarum</i> (Mısır)	26.88	21.4	2	
Sorgum	Harç1	Kontrol	5.19	0	0	
		<i>G. Mosseae</i> (Pirasa)	5.27	11.03	125	
		<i>G. Mosseae</i> (Mısır)	8.64	23.11	452	
		<i>G. Caledonium</i> (Mısır)	6.1	9.85	268	
		<i>G. Etunicatium</i> (Sorgum)	9.85	13.72	264	
			<i>G. Clarum</i> (Mısır)	6.04	10.25	120
	Harç2	Kontrol	6.22	0.00	0	
		<i>G. Mosseae</i> (Pirasa)	9.3	41.2	6	
		<i>G. Mosseae</i> (Mısır)	8.22	77.65	45	
		<i>G. Caledonium</i> (Mısır)	7.04	72.68	25	
<i>G. Etunicatium</i> (Sorgum)		7.4	39.38	23		
		<i>G. Clarum</i> (Mısır)	7.27	19.00	5	

## Kaynaklar

1. Ortaş 1997. Mikoriza nedir?. TÜBİTAK dergisi. Şubat 1997 sayı 351. Ankara.
2. Ortaş, İ. 1996. The influence of use of different rates of inoculum on root infection plant growth and phosphorus uptake. 27/18-20. 2935-2946. Communication Soil Science and Plant Analyses .
3. Daniels. B. A. McCool. P. M. and Menge. J. A. 1981. Comparative inoculum potential of spores of six vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytologist 89. 385-391.
4. 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.
5. Killham. K. 1995. Soil Ecology. Cambridge University Press. UK
6. Bagyaraj. D. J. and 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.
7. Harley. J. L. and Smith. S. E. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. London.
8. Jeffries. P. and Dodd. J. C. 1991. The use of mycorrhizal inoculents in forestry and agriculture. IN: D.K. Arora et al. (Eds.) Handbook of Applied Mycology. Soil and Plants. vol. 1. Marcel Dekker. USA.
9. Hooker. J. E. and Atkinson. D. 1996. Arbuscular mycorrhizal fungi-induced alteration to tree-root architecture and longevity. P. Z. Pflanzenernahr. Bodenkn.. 159. 229-234.
10. Marschner. H. 1995. Mineral Nutrition of High Plants. Academic Press London.
11. Mosse. B. 1981. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research For Tropical Agriculture. Research Bulletin. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources. 82p.
12. Denhel. H. W.. and Backhaus. G. F. 1986. The use of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in plant production. I. inoculum production. Journal of Plant Diseases and Protection 93. 415-424.
13. Sieverding. E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhize Management In Tropical Agrosystems. Germany.
14. Gerdemann. J. W. and Nicolson. T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogeny species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of British Mycological Society 46. 235-244.
15. Koske. R. E. and Gamma. J. N. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VAM. Mycological Research 92. 486-505.
16. Gioannetti. M. and Mosse. B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhiza in roots. New Phytologist 84. 489-500.
17. Hewitt. E.J. 1966. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. C.A. B. Commonwealth Agricultural Bureaux Farnham Royal. Bucks. England.
18. Plenchett. C. Fortin. J. A. and Furlan V. 1983. Growth response of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. II. Soil fumigation induced stunting of plants corrected by reintroduction of the wild endomycorrhizal flora. Plant and Soil. 70. 211-217.
19. Smith S. E. Gianinazzi-Pearson V. Koide R and Cairney J W G 1994. Nutrient transport in mycorrhizas: structure, physiology and consequences for efficiency of the symbiosis. Plant Soil 159. 103-113.
20. Giannazzi. S.. Gianinazzi-Person. V. and Trouvelot A. 1989. Potentialities and procedures for the use of endomycorrhizas with special emphasis on high value crops. Biotechnology of Fungi for Improving Plant Growth. IN: J. M.. Whipps et al. (Eds) Cambridge.
21. Smith. S. E. and Gianinazzi-Pearson. V. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology 39. 221-244.
22. Toro. T. and Sieverding. E. 1986. Evaluacion cuantitativa y cualitativa de hongos formadores de mikorriza vesiculo arbuscular en la region de Mondomo. Colombia Suelos Eduatoriales 16 (1) 122-129.
23. Simpson. D. and Daft. M. J. 1990. Spore production and mycorrhizal development in various tropical crop hosts infected with *Glomus clarum*. Plant and Soil. 121. 171-178
24. Tinker. P. B. 1980. Role of rhizosphere micro-organisms in phosphorus uptake by plants. In The Role of Phosphorus in Agriculture (Ed F. E. Khasawneh et al.) ASA-CSSA-SSSA. Madison USA.