



ARBÜSKÜLER MIKORİZAL FUNGUSLAR (AMF), BİTKİ VE TOPRAKLA İLİŞKİLERİ, MERA ISLAHINDAKİ ÖNEMLERİ

Şahin PALTA*¹, Semra DEMİR², Kamil ŞENGÖNÜL³,
Ömer KARA¹, Hüseyin ŞENSOY¹

¹Bartın Üniversitesi. Orman Fakültesi, Orman Müh. Böl., BARTIN

²Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Bitki Koruma. Böl., VAN

³İstanbul Üniversitesi. Orman Fakültesi, Orman Müh. Böl., İSTANBUL

ÖZET

Bitkilerin büyük bir kısmında mikorizal funguslarla birliktelik mevcuttur. Mikorizal funguslar konukçu bitki köklerinin içinde ve dışında kurdukları ilişkilerden dolayı ekolojik olarak büyük öneme sahiptirler. AMF ile bitkiler arasındaki bu ilişki karşılıklı yararlanmaya (mutualistik simbiyozis) dayalı bir ortaklıktır. Konukçu bitki fungusu karbon kaynaklarını sunarken, fungus bitkinin topraktan su ve besin alımını artırır. Mikorizal funguslar dört büyük gruptan oluşur: ektomikorizalar, arbüsküler mikorizalar, erikoid mikorizalar ve orkide mikorizalar. Arbüsküler Mikorizal Fungus'lar (AMF) bu farklı mikoriza tipleri içindeki en büyük grubu oluşturmaktadırlar. Bitki köklerinin yüzey alanı, AM funguslarının ekstramatrilal (dışsal) hifleri sayesinde genişlemekte, dolayısıyla bitkinin bulunduğu topraktan daha fazla yararlanması sağlanmaktadır. Bu hifler toprağı yumak gibi sararak agregat yapısını iyileştirmekte ve erozyona karşı direnci de artırmaktadırlar. Ayrıca AM fungusları, bitkinin kuraklık, tuzluluk ve ağır metal stresine karşı direncini arttırmakta, kök patojenlerine karşı bitkiyi korumakta, bitkinin büyümesini sağlayan hormonları teşvik etmektedir. Bitki gelişimi ve toprak kalitesi üzerinde olumlu etkileri olan AM funguslarının, çayır-mera bitkilerinin fizyolojisi ve morfolojisi üzerinde de olumlu etkileri bulunmaktadır. Günümüzde mera ıslah çalışmalarının kompozit gübreler ile devam etmesi düşüncesi artık bilimsel çevrelerde gittikçe azalmaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden bir tanesi de kompozit gübrenin bitki için sağladığı faydalarının yanında ekosisteme verdiği zararların daha fazla olduğu düşüncesinden kaynaklanmaktadır. Artık tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bu tür ıslah çalışmalarında AMF inokulasyonu güncel hale gelmiştir. Çayır-mera ıslah çalışmalarında AM funguslarından yararlanılması öncelikli konular arasında yer almaktadır. Bunun için de öncelikli olarak çayır-mera alanlarında olası AMF'lerin haritasının çıkarılması, izole edilmesi, üretilmesi ve uygulamaya aktarılması konularına öncelik verilmeli ve geniş ölçekli araştırmalar yapılmalıdır.

Anahtar kelimeler: Arbüsküler Mikorizal Fungus, AMF, Mera Islahı

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF), THEIR RELATIONSHIPS WITH PLANTS AND SOIL, RANGE REHABILITATION

ABSTRACT

The majority of plants associate with mycorrhizal fungi. Mycorrhizal fungi are ecologically important because they form relationships in and on the roots of a host plant in a symbiotic association. Mycorrhizal symbiosis between plants and AMF is life form that known mutuality symbiosis. The host plant provides the fungus soluble carbon sources and the fungus provides the host plant water and nutrients from the soil. Mycorrhizal fungi are classified in to 4 major types: ectomycorrhizas, arbuscular mycorrhizas, ericaceous mycorrhizas and orchid mycorrhizas. Arbuscular mycorrhizal associations are the most abundant of the several different types of mycorrhizas. Plants benefit more from soil because of surface extent of root of plants enlarge by AMF extramatrilal hyphes. These hyphes improve aggregate stability of soil. Soil resistance to erosion and plant resistance to drought – salinity – high metal stress are increased by AMF. Also plants are protected to root

* Yazışma yapılacak yazar: sahinpalta@hotmail.com

Makale metni 05.04.2010 tarihinde dergiye ulaştırılmış, 07.05.2010 tarihinde basım kararı alınmıştır.

pathogens and growth hormones induced by AMF. There is positive effect of AMF on physiology and morphology of range plants as well as on plant growth and soil quality. At the present day, thought of range rehabilitation studies which continued with composite fertilizer dwindle in scientific area. The importance reasons of this emanate from thought that composite fertilizer damage to ecosystem. Range rehabilitation studies with AMF inoculation is topical subject in Turkey as is the case in the entire world. So, it should be done map of AMF in Turkey for isolating and production of AMF. This AMF are applied for range rehabilitation especially the field that marginal soil condition.

Keywords: Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF, Range Rehabilitation.

1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de nüfus hızla artmakta ve buna paralel olarak insanların ihtiyaçları da artmaktadır. Artan ihtiyaçlar karşısında insanlar ellerindeki kaynaklardan daha fazla ürün elde etmeye çalışmaktadır. Ülkemizde meraların yanlış kullanımı, aşırı otlatılması, tahribi, aşırı kompoze gübre kullanımı, ekolojik dengeyi bozarak bazı toprak canlılarının (makro ve mikro organizmalar) sürekli ve periyodik olarak zarar görmelerine sebep olmakta ve yaşadıkları ekosistemlere zarar vermektedir. Sentetik gübreler biryandan mera alanlarındaki vejetasyonun gelişimine katkı sağlarken diğer taraftan suyu ve toprağı kirletmektedir. Bu alanların ıslah edilmesi çalışmalarının toprak ve suyun kirlenmeden ve ekolojik dengeyi bozmadan yapılması gerekmektedir. Buda ancak mikoriza aşılımları gibi doğal yöntemlerin kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Ayrıca mikoriza aşılı toprak, bitki, tohum vb kullanıldığında yapılan ıslah çalışmalarının başarı şansı artmaktadır. Arbusküler Mikorizal Fungusların (AMF) ıslah çalışmalarında kullanımı tüm dünyada artmaktadır. Bu şekilde mera alanları ıslah edilirken toprak ve su kirlenmemekte, ekolojik denge tahrir olmamaktadır.

Topraktaki mikroorganizmalarla bitkiler arasında simbiyotik yaşamlar bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de “mikoriza”dır. Günümüzde pek çok araştırma bitkilerle mikorizalar arasındaki bu ortak yaşamın varlığını ortaya koymuştur. Orman ağaçları ile bazı meyveli ağaçlarda “Ektomikoriza” tipi bir simbiyosis görülürken, hemen hemen tüm kültür bitkilerinde ve diğer meyve ağaçlarında “Endomikoriza” tipi görülmektedir (Marschner, 1995).

Mikoriza araştırmaları, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından, özellikle endomikorizal yaşam şekilleri içinde yer alan Arbusküler Mikoriza (AM) oluşumuna odaklanmıştır (Demir, 1998).

AMF, bitki gelişimini, özellikle bitki besin maddelerinin yoğunluklarının kritik seviyelerde olduğu marjinal topraklarda ve koşullarda teşvik etmektedir. Bu teşvik, simbiozise sahip köklerin topraktan kantitatif olarak, başta fosfor olmak üzere bazı makro ve mikro besin maddelerini daha iyi alabilmeleri ile açıklanmaktadır. Fungus ise bitkiden bazı organik maddeleri ve karbonhidratları almaktadır. Bu yaşam şeklinde, her iki ortak da belli koşullar altında birbirlerinden faydalanmaktadırlar (Demir, 1998; Rhodes, 1980; Bolan et al., 1987; Li et al., 1991).

AMF kök gelişimi, köklerin absorpsiyon kapasitesinin artması sonucunda besin ve su alınımını, köklerde hücre yenilenmesini etkiler. Fosfor dışında, azot (N), kalsiyum (Ca), bakır (Cu), mangan (Mn), kükürt (S) ve çinko (Zn) gibi diğer besin maddelerinin alınımını sağlar (Sieverding, 1991; Ortaş, 2002).

Arbusküler mikorizal fungusların köke nüfuz etmesinden sonra, köklerde tepki olarak arginin, isoflavonoidler gibi bileşikler (Caron, 1989) ve sitokin ve gibberellin gibi hormonların üretiminde artış olmaktadır (Muchovej, 2001).

Mikoriza, bitkinin yararlanamayacağı çözünürlüğü az veya yetersiz durumdaki besin elementlerini, özellikle fosforu absorbe etmekte ve bitkiye kazandırmaktadır. Konukçu bitkinin, toprak fungusları ve nematodlara karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Daha iyi beslenen mikorizalı bitki, zayıf gelişen mikorizasız bitkiye nazaran obligat patojenlere karşı daha dayanıklı olabilmektedir (Demir ve Onoğur, 1999).

Ayrıca, mikorizal funguslar, kök yenilenmesini teşvik eder, bitki büyümesini hızlandırır ve kimyasal gübre kullanımını azaltır (Kara ve Tilki, 2001).

Bitki - fungus arasındaki simbiyotik ilişki bir davranış faktörü olarak bitki patojen ilişkilerini de etkilemektedir. AM oluşumunun görüldüğü bitkiler toprak kaynaklı fungal patojenlere ve nematodlara karşı daha dayanıklı hale gelmekte böylelikle mücadelesi oldukça güç olan bu etmenlere karşı savaşında çok önemli bir avantaj elde edilmektedir (Dehne, 1982).

Bu çalışmada Mikorizal Fungusların genel özellikleri ve tipleri hakkında genel bilgi verilecektir. Arbüsküler Mikorizal Fungusların genel özellikleri, tipleri ve bitkiler için önemi açıklanmaya çalışılacaktır. Ayrıca AM funguslarının mera ıslahı açısından önemi hakkında bilgi verilecektir.

2. MİKORİZA'NIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE TİPLERİ

Yunanca'da **mykes**= fungus, **rhiza**= kök anlamına gelen sözcüklerden oluşan mikoriza terimi ilk kez Frank (1885) tarafından bitki kökleri ile belli bazı fungusların ortak yaşamları sonucu oluşturdukları yapıları tanımlamak amacıyla kullanılmıştır (Moser and Haselwandter, 1975; Hayman, 1981). Toprak mikroflorasındaki mikroorganizmalar ile bitkiler arasındaki en yaygın simbiyotik yaşam şekillerinden biri olan mikorizal yaşam, dünya üzerindeki hemen hemen bütün kara bitkilerinde görülmektedir. Dikotiledonların %83'ü monokotiledonların %79'u ve Gymnospermlerin hepsi bu simbiyotik yaşam şekline sahiptirler. Mikorizal yaşama sahip olmayan bitkiler, çok kurak veya çok tuzlu, su altında kalmış, toprak verimliliği oldukça yüksek veya oldukça düşük habitatlarda ortaya çıkarlar. Ayrıca *Cruciferae* ve *Chenopodiceae* familyasına dahil bitkilerde de, her türlü çevresel koşul altında dahi mikorizal yaşam görülmez (Harley, 1975; Brundrett, 1991; Marschner, 1995).

Mikorizal funguslar taksonomik yönden sporlarının yapısı, bitkilerdeki enfeksiyon şekilleri ve kök içindeki morfolojik ve fizyolojik yapıları itibarıyla büyük farklılıklar göstermektedirler. Fungal miselyumun kök yapısı ile ilişkisine göre iki büyük mikorizal grup ayırt edilmektedir: Endomikoriza ve Ektomikoriza. Ayrıca bu iki gruba ait özellikleri gösteren ektendomikoriza grubu vardır.

Ektomikorizalar, genellikle odunsu bitkilerin ve bazende çok yıllık yabancı ot ve buğdaygillerin köklerinde ortaya çıkarlar ve iki önemli yapıları ile karakterize edilirler. Birincisi kök yüzeyinin etrafında bulunan ve Hartig ağı olarak tanımlanan fungal miselyum ağı, diğeri de bu fungal miselyum ağından kök korteksinin yüzeyine nüfuz eden hif yapısı. Bu gruptaki funguslar toprak içlerine doğru uzanıp, kökün etrafına ve toprağa gayet iyi uzanabilen hifler ve rizomorflar da oluşturmaktadırlar (Wilcox, 1971; Peterson and Farquhar, 1994; Marschner, 1995). Endomikorizal funguslar, (virgül olmamalı) ise kökteki korteks hücreleri içinde yaşar ve interselüler veya intraselüler olarak gelişirler. Belli birkaç türü olan Endomikoriza'nın en tanınmış türleri; Erikoid mikoriza, Orkide mikoriza ve Arbüsküler Mikoriza (AM)'dır (Marschner, 1995).

3. ARBÜSKÜLER MİKORİZAL FUNGUSLAR (AMF)

Günümüzde kullanılan AM taksonomik sınıflandırması 1990 yılında Morton ve Benny tarafından yapılmıştır. Bu taksonomik sınıflandırma aşağıda gösterildiği şekilde düzenlenmiştir:

Sınıf: ZYGOMYCETES

Takım: Glomales

1.Alt takım : Glominae

1.Familya : Glomaceae

Genus: Glomus

2.Familya: Acaulosporaceae

Genus: Acaulospora, Entrophospora

2.Alt takım: Gigasporineae

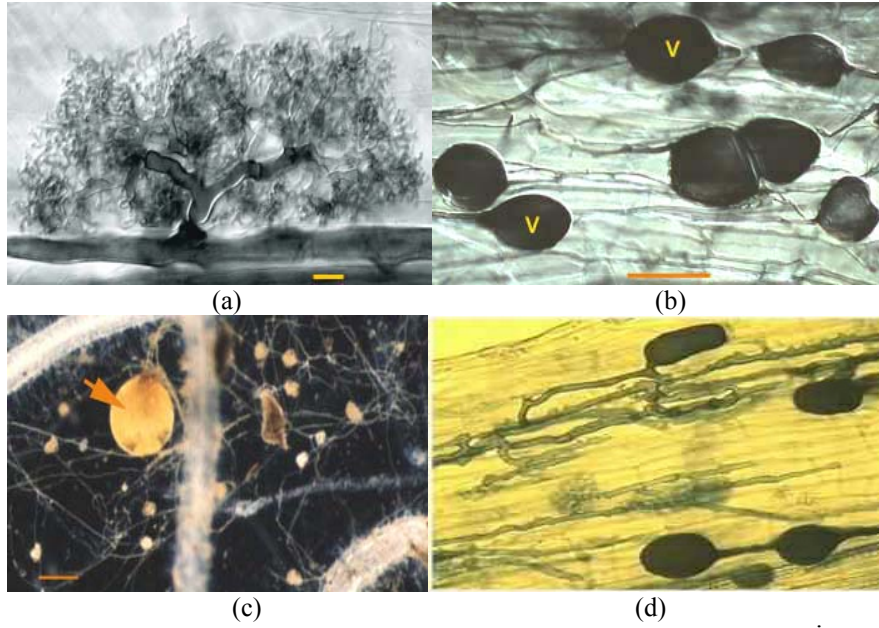
Familya: Gigasporaceae

Genus: Gigaspora, Scutellospora

Bu taksonomik gruplandırmada morfolojik çeşitlilik (fungal miselyum ve onun propagülleri), sporlar ve hücresel yapı esas alınmıştır (Morton and Benny, 1990; Morton and Bentivenga, 1994).

Önemli endomikorizal yaşam şekillerinden biri olan Arbusküler Mikoriza (AM), kültür bitkileri de dahil hemen hemen bütün kara bitkilerinde görülmektedir. Ekto ve endo mikorizalar içinde en yaygın görülen simbiyotik yaşam şeklidir. Mikorizal yaşam ilgi çekmeye başladığı 1950'li yılların başından itibaren çalışmalar daha çok AM fungusları üzerine odaklanmıştır (Gerdemann, 1968; Mosse, 1973; Bethenfalvay, 1992; Marschner, 1995). Schenck (1991) AM'ya gösterilen bu ilginin sebebini, AM funguslarının birçok yönden konukçuyu teşvik edici özelliklerine bağlamaktadır.

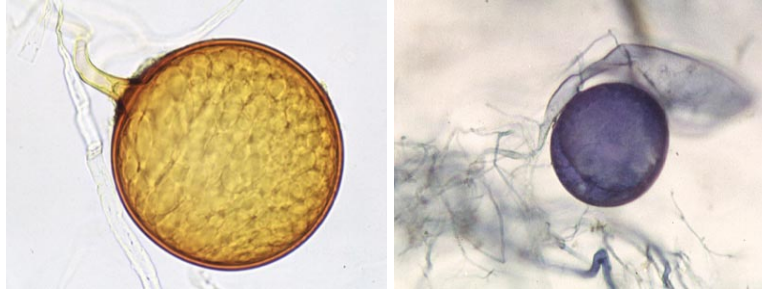
AM fungusları kök korteksi içinde emici hif benzeri (haustorium analogu) olan, dallanma özelliğine sahip arbuskülleri ile fungusun yağ ve besin deposu görevini gören vesikülleri ve toprağı çok iyi saran miselyumları ile karakterize edilmektedirler (Şekil 1) (Bonfante-Fasolo, 1984; Brown and King, 1991). AM, bitki gelişimini, özellikle bitki besin maddelerinin yoğunluklarının kritik seviyelerde olduğu marjinal topraklarda ve koşullarda teşvik etmektedir. Bu teşvik, simbiyosise sahip köklerin topraktan kantitatif olarak, başta fosfor olmak üzere bazı makro ve mikro besin maddelerini daha iyi alabilmeleri ile açıklanmaktadır. Fungus ise bitkiden bazı organik maddeleri ve karbonhidratları almaktadır. Bu yaşam şeklinde, her iki ortak belli koşullar altında birbirlerinden faydalanmaktadırlar (Demir 1998).



Şekil 1. (a)Arbuskül, (b)Vesikül, (c)Ekstramatrikal (dışsal) hifler ve klamidosporlar ve (d)İnterselüler hifler (URL-1, 2009; URL-2, 2009)

AM fungus sporlarının çimlenmesini birçok faktör etkilemektedir. Bunlar; pH, sıcaklık, nem, toprağın mineral ve organik madde içeriği, konukçu bitkinin olup olmaması ve mikroorganizmalardır (Kapulnik and Douds 2000a) (Şekil 2).

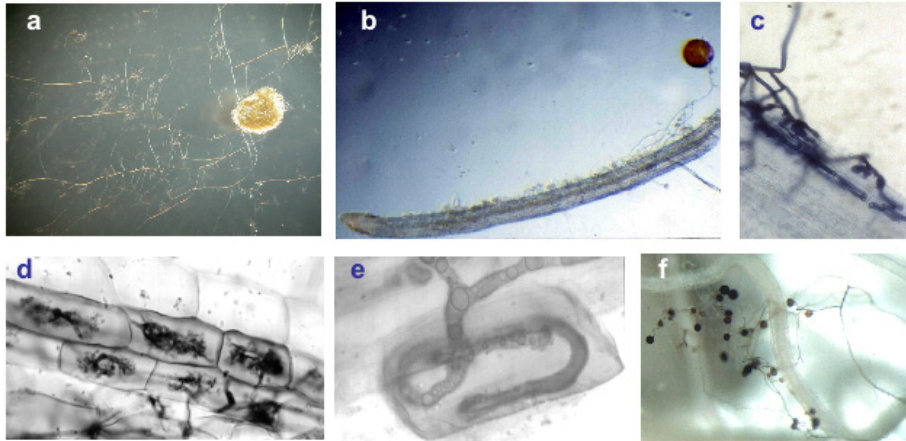
AM fungusları, bitkiye besin alınımını artırmanın yanı sıra, bitkinin tuzlu ve kurak koşullara, ağır metal toksisitesine ve sıcaklık stresine karşı dayanıklılığını arttırmakta, bitkinin, büyümeyi teşvik edici maddeler (hormonlar) salgılamasını sağlamaktadırlar. Ayrıca, bazı mikorizal funguslar miselleri ile toprak agregatlarını bir yumak şeklinde sarar ve salgıladıkları enzimler ile toprak strüktürünün daha iyi oluşmasına katkıda bulunmakta ve toprak erozyonundan dolayı olan kayıpları da engellemektedirler (Tisdall, 1994).



Şekil 2. Glomus ve Acaulospora Sporları (URL-3, 2009; URL-4, 2009)

3.1. Arbüsküler Mikorizal Fungusların Yaşam Döngüsü

Arbüsküler Mikorizal Funguslar, konukçu bitkinin köklerinde simbiyotik olarak yaşayan obligat biyotrof canlılardır. Konukçu bitki olmadan kültür olarak çoğaltılamazlar. Çoğu türlerinin sporları toprakta bulunur ve bu sporların hepsi konukçu bitki olmadan çimlenme kabiliyetindedirler. Bu sporlar farklı edafik ve çevresel koşullar altında çimlenebilirler fakat konukçu bitki olmadan yoğun misel üretmezler ve hayat döngülerini tamamlayamazlar. Hayat döngülerini tamamlamaları ve simbiyotik fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için konukçu bitkinin varlığı gerekmektedir (Şekil 3) (Kapulnik and Douds 2000a).



Şekil 3. AM funguslarının hayat döngüsü a) sporun çimlenmesi ve asimbiyotik gelişimi, b) konukçu bitkinin enfekte olması ve pre-simbiyotik gelişme, c) kök epidermisine nüfuz etmesi ve birinci kök korteks tabakasında kolonizasyon oluşumu, d) Kortikal hücrelerin içerisinde arbüskül oluşumu, e) kök korteks hücresinin içerisinde intraselüler hif oluşumu. AMF hiflerinin içerisinde büyük yağ damlacıkları, f) Ekstraradikal miseller ve diğer generasyon için yeni sporlar (URL-7, 2009).

3.2. Arbüsküler Mikorizal (AM) Fungusun Yapısı ve Konukçu Bitki ile Besin Alışverişi

Obligat mikroorganizmalar olan AM fungusları bitkiye doğrudan nüfuz ederler ve bu aşamada bir simbiyonttan ziyade patojenik bir fungus gibi davranırlar (Dehne, 1982). AMF hiflerinin konukçu dokuya nüfuzu, köklerin epidermisi üzerinde appressorium oluşturarak başlamakta ve buradan inter veya intrasellular olarak kök korteksine kolonize olmaktadır (Şekil 3-4.) AM fungusunun nüfuzu, genç köklerde meristematik bölgenin arkasındaki epidermal hücrelerde gerçekleşir. Bazı konukçu türlerin kök bölgesindeki tüylerde de nüfuz etme olayına rastlanabilir. İntra veya interselüler olarak gelişen hiflerin büyüklüğü oldukça değişken olup şekilleri düzensizdir. Hücreler arası ve hücre içi anatomosis olayları oldukça yaygındır. Hifler hızlı geliştiğinde bölmesizken, elverişsiz koşullarda yavaş gelişim gösterdiğinde ise bölmelidirler. AM hifleri kökün içinde gelişebildiği gibi kökün dışında da gelişebilmektedir (Gerdemann, 1968; Bonfante-Fasolo, 1984; Linderman, 1988; Smith et al., 1992).

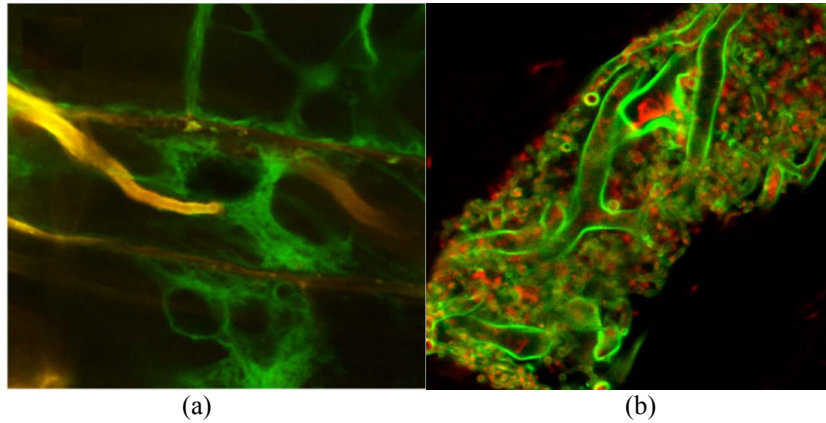
Nüfuz etme olayından kısa bir süre sonra fungus hifleri, kortikal hücreler içinde arbuskülleri oluştururlar. Emici hif benzeri (Haustorium analogu) olan arbusküller hifin uç kısımlarında bulunurlar. Fakat bazı konukçularda hücreden hücreye gelişirken hifin yan taraflarında da oluşabilirler. Arbusküller kısa ömürlü olup, yaklaşık 10-12 gündür. Tamamen olgunlaşmaya başlamadan önce konukçu hücrenin de etkisiyle uçlardan itibaren büzülme başlar ve bir süre sonra bitki tarafından adeta hazmedilirler. Arbusküllerin özellikle fungus/bitki metabolitleri arasındaki değiş tokuşun gerçekleşmesi sırasında etkin olduğu düşünülmektedir (Gerdemann, 1968; Schönbeck, 1980; Dehne, 1982; Bonfante-Fasolo, 1984; Smith et al., 1992; Marschner, 1995).

AMF ile konukçu bitki arasındaki besin değişimi, AM fungusunun intraradikal hifleri ile konukçu bitkinin kök hücreleri arasında gerçekleşmektedir. Kök dokularına nüfuz eden AMF hifleri orada vesikül ve arbuskül denen özel AMF organelleri oluştururlar. Arbusküller çok karakterize olmuş AMF hifleridir ve bunlar kök korteks hücrelerine nüfuz ettikten sonra hızla dallanırlar ve ağaca benzer bir yapı alırlar (Şekil 1 a). Arbuskülün oluşumu ile kök hücre yapısı değişikliğe uğrar. Yapılan araştırmalara göre, arbusküllerin besin transferini yapan organeller olduğu düşünülmektedir. AMF hifi arbuskül oluşturmak için kök kortikal hücrelerine nüfuz edince fungal hücre duvarı incelmeye başlar. Fungal hücre duvarının ana bileşenlerinden bir tanesi de amorf yapıdaki kitindir. Kitin ekstraradikal ve interselüler hiflerde fibril yapıdadır. Fungal yapının hücre içerisine nüfuzu ile konukçu hücrenin plazma zarı içeriye doğru kıvrılarak girer ve oluşan arbuskülün etrafını sarar. Arbuskülün etrafını saran bu zara periarbusküler zar denir. Bitki hücre duvarı ile periarbusküler zar birbirine çok yakındır ve aralarında çok ince bir boşluk vardır. Bu boşluk, β -glukanliko proteinle zengin hidroksi-proline, N-asetil galaktozlu polisakkaritler ve galaktoz kalıntıları ile zengin bir yapıya sahiptir (Kapulnik ve Douds 2000b).

AM fungusları eksternal hifleri ile topraktan almış oldukları fosforu bitkiye ileterek onun büyümesini sağlarken kendisinde de konukçu bitkinin fotosentez ürünlerinden olan karbonu alır ve gelişimini sağlar. AMF ve konukçu arasındaki bu besin değişimi, çevresel faktörlere ve biyolojik çeşitliliğe göre değişmektedir. Stres koşulları altında (düşük ışık ve sıcaklık) bu simbiyotik ilişkinin dengesi bozulabilir. Bununla birlikte konukçu bitkinin ve mikorizal mantarın büyümesi genellikle bir denge halindedir (Kapulnik ve Douds 2000b).

Intraradikal hiflerin kimyasal yapısı incelendiğinde, dokularında yağ ve polifosfat granülleri bulunmuştur. Nötral yağlar ayrıca vesiküllerde ve interselüler hiflerde bol miktarda bulunmaktadır. Sporlarda da bulunan nötral yağların karbon deposu olarak kullanıldığı düşünülmektedir (Kapulnik ve Douds 2000b).

Yapılan kimyasal analizlere göre mikorizalar; şeker, karbonhidrat, yağ, amino asit ve yağ aistleri gibi çeşitli kimyasal bileşenleri içermektedir (Kapulnik ve Douds 2000b).



Şekil 4. AMF hiflerinin kök epidermal hücrelerinden içeriye penetrasyonu, (a) AMF hifi sarı ve bitki zarı yeşil (b) Arbuskül oluşumu, AMF hifi yeşil ve küçük vakuoller kırmızı (URL-6, 2009)

Toprak solunumu, köklerdeki AMF kolonizasyonuna bağlı olarak artmaktadır. AMF solunumu, toprak solunumunun yanında bitki dokularının metabolik aktivitelerini de arttırmaktadır. Enzim doku-kimyası analizleri; glikoliz, trikloro asetik asit (TCA) döngüsü ve glikoz monofosfat döngüsünün intraradikal hiflerde gerçekleştiğini göstermiştir. Köklerdeki protein içeriği mikoriza formasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Yapılan

incelemelere göre kök hücresi içerisindeki sitopolazmik içerik, mikorizalı köklerde, mikorizasız köklere göre daha fazla bulunmuştur (Kapulnik ve Douds, 2000b).

3.3. Arbüsküler Mikorizal Fungusların Konukçu Bitki Üzerindeki Etkileri

Günümüze kadar yapılan sayısız araştırma, bitki besin elementlerinin bitki köklerinin yanı sıra AM fungusları tarafından da alındığını ortaya koymuştur. AM fungusları, konukçuları olan bitkiler ile simbiyotik ilişkiye geçtiklerinde bitkinin su ve bazı mineral besin maddelerinin alınımına doğrudan katkıda bulunmaktadır (Demir 1998).

AM oluşumunun daha çok fosfor alınımına olan katkılarından dolayı farklı branşlardaki birçok araştırmacı tarafından geniş ilgi görmüştür. Yakın geçmişte yapılan çalışmalar doğadaki bitki topluluklarının %90'ından fazlasında simbiyotik olarak yaşayan AM fungusunun toprakta fosfor (P)'un bitkilere alınmasında belirleyici rol oynadığı belirtilmektedir (Smith et al., 1992). AM fungusunun işlevinin bitkinin fosfor ile beslenmesine bağlı olmasının yanı sıra, bazı bitki türleri yaşamlarının tamamını AM fungusunun varlığına bağlamışlardır. AMF sadece fosforun değil aynı zamanda çinko, bakır, mangan, demir, kalsiyum, potasyum ve azot un alınımında da etkili olmaktadır (Hayman, 1982).

AM fungusları genel olarak besin maddeleri kapsamının düşük olduğu marjinal topraklarda etkili olmaktadır. Jasper et al., (1979) gübrelenmemiş ve herhangi bir tarımsal uygulama geçirmemiş topraklardaki mikorizal bitkilerin, gübrelenmiş topraklarda yetişen mikorizal bitkilere göre P alınımında daha duyarlı oldukları ve bitkide artan P kapsamının mikoriza oluşumunu baskı altında tuttuğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca bazı maden topraklarının rehabilitasyonunda ve tarıma açılmasında bu fungusların kullanılması olasılığının araştırılması gereken bir bulgu olduğu belirtilmektedir (Taraftar and Rao, 1997).

Toprakta yoğun olarak fikse edilen ve bitki tarafından alınımı sınırlı olan fosfor, AM fungusları tarafından daha kolay bir şekilde bitkiye kazandırılmaktadır. Mikorizal bitkilerin mikorizal yaşama sahip olmayan bitkilere oranla birkaç katı fazla fosfor almaları ve bu olayın mekanizması çeşitli araştırmacılar tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır (Hayman and Mosse, 1972; Hayman, 1982; Bolan, 1991; Smith et al., 1992);

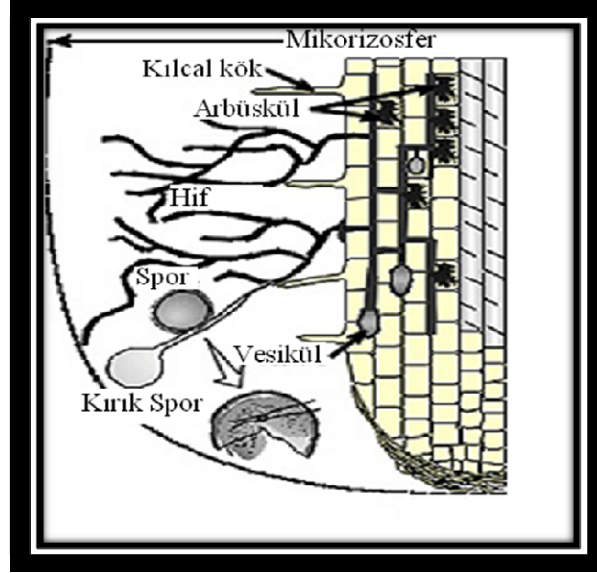
- AMF, bitki köklerinin hemen çevresinde pH'ı düşürücü bazı enzim ve asitli sıvılar salgılayarak çözünürlüğü çok düşük olan inorganik fosfatları yararlı hale getirmektedir,
- Bu funguslar toprakta bitkiye elverişli olmayan organik fosfor bileşiklerini kendi besin maddesi gereksinimi olarak bünyelerine almakta ve daha sonra bu fosfor bileşiklerini hif hücresi içerisinde elverişli hale getirerek bitki köklerine taşımaktadır,
- AMF hifleri bitki kökü yüzeyinde bir sünger tabakası gibi sürekli absorbe edici bir yüzey meydana getirmekte, daha önce toprakta çeşitli aktiviteleri ile elverişli hale dönüştürdüğü fosfor bileşiklerini bu absorbe edici yüzey yardımıyla kök yüzeyinde toplayarak hifler yardımıyla bitki köküne taşımaktadır.

Mikorizal funguslar, kökteki, rizosferdeki ve topraktaki mikroorganizmalar ile temas halindedir. Bu ilişkiler engelleyici veya teşvik edici olabilmekte, bazen aralarında rekabet olurken bazen de karşılıklı olarak birbirlerini etkilemektedirler. Sonuç olarak bu tip interaksyonlar, mikorizal fungusun yaşam çemberindeki spor popülasyonu dinamiğinden dışsal hiflerin kökleri kolonizasyonuna kadar bütün gelişim devrelerinde görülebilmektedir (Fitter and Garbaye, 1994).

AM funguslarının fungal kök hastalıklarını baskı altında tutarken meydana gelen mekanizmaları aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

- **Besin Elementi Alınımını Artırarak:** AMF'ların P ve diğer besin maddelerinin alınımını artırması durumunda bitkiler daha iyi beslenmekte ve patojenlere karşı daha dayanıklı olmaktadır (Davis 1980; Graham and Menge 1982).
- **Mikorhizosferdeki Fizyolojik ve Mikrobiyal Değişimlerle:** AM fungusları ile simbiyotik yaşama giren bitkilerde, kök morfolojisinde ve fizyolojisinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Konukçu

dokuda, topraktan mineral maddelerin alınımına tepki olarak ortaya çıkan bu değişiklikler, hücre zarı geçirgenliğinde ve kök hücrelerinin strüktürel ve biyokimyasal yapısında değişimlere dönüşebilir. Bu durumda da kök salgılarının kalitesi ve miktarı artar. Salgılarda meydana gelen değişimler rizosfer toprağındaki mikroorganizmaların kompozisyonlarındaki değişimleri de artırmakta ve bu değişimlerin meydana geldiği ortam mikorizosfer olarak adlandırılmaktadır (Şekil 5) (Linderman, 1988; 1994). Bu nedenle mikorizosferdeki AMF ve mikroflora etkileşimleri kök hastalıklarının seyrini de etkilemektedir.



Şekil 5. Mikorizosfer (URL-5, 2009)

- **Morfolojik Yapıyı Kuvvetlendirerek:** Mikorizalı bitki köklerinde kısmi morfolojik etki de görülebilir (Dehne and Schönbeck, 1979).
- **Bitki Dokularındaki Kimyasal Bileşiklerde Değişiklikler Meydana Getirerek:** AMF kolonizasyonu sonucu oluşmuş kısmi fizyolojik değişimler kök patojenleri üzerinde kısmi etkiler meydana getirmektedir. Örneğin, mikorizal bitkilerdeki arginin (Baltruschat and Schönbeck, 1975) ve antifungal kitinaz enziminin konsantrasyonlarının artışı (Dehne et al., 1978) patojenlerin sporulasyonunu engellemektedir.

Ayrıca yaklaşık olarak son yıllarda yapılan çalışmalarda mikorizal simbiyotik yaşamda fitoaleksinin ve fenolik bileşiklerin kapsamı incelenmeye çalışılmıştır. Morandi (1996) tarafından yapılan bir çalışmada AMF bitkilerinde fitoaleksinin benzeri isoflavonid bileşiklerinin konsantrasyonunun arttığı saptanmıştır. Fakat bu bileşiklerin iki simbiyotik partner için biyolojik önemi ve hastalıkların biyolojik kontrolüne nasıl katkı sağladıkları yeterince açıklanmamaktadır (Siqueria et al., 1991)

3.4. Arbüsküler Mikorizal Fungusların Toprak Özelliklerine Etkisi

AM fungusları eksternal hifleriyle konukçu bitki ve toprak arasında doğrudan fiziksel bir bağ kurarlar. Bu hifler aracılığı ile topraktan bitkiye sadece mineral iyonların alınımı değil aynı zamanda C alınımını da sağlarlar (Kapulnik and Douds, 2000c).

Eksternal hifler, toprak agregatlarını bir ağ gibi sardıkları için toprak özellikleri üzerinde büyük öneme sahiptir. Ayrıca eksternal hifler toprağa hidrofobik yapıştırıcı niteliğinde salgılar vererek agregat yapısını iyileştirirler (Kapulnik and Douds 2000c) (Tablo 1).

Tablo 1. Toprak Tekstürüne Bağlı Olarak Mikorizal ve Abiyotik Faktörlerin Etkileri

Özellik	Toprak Türü		
	Kum	Balçık	Kil
Daralma-genleşme kapasitesi	Minimum	Önemli	Maksimum
Abiyotik agregatlaşma	Minimum	Önemli	Maksimum
Mikorizal etkiler	Önemli	Önemli	Maksimum

AM fungusları ve toprak arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörleri 3 ana başlık altında toplayabiliriz (Kapulnik and Douds 2000c). Bunlar: 1) Biyotik faktörler, 2) Toprak özellikleri, 3) Yörenin tarihsel gelişimi (Tablo 2).

Tablo 2. AM fungusları ile Toprak Özellikleri Arasındaki Etkileşimi Belirleyen Faktörler

Biyotik Faktörler	Kökün yapısı ve morfolojisi
	AM funguslarının türleri ve kompozisyonu
	Hiflerin yapısı ve morfolojisi
	Hif uzunluğu, gerilme gücü, yüzey etkinliği
	AM funguslarının metabolizma, dayanıklılık ve difüzyon karakteristikleri
Toprak Özellikleri	Gözeneklilik, tekstür, kil minerolojisi, besin maddesi içeriği, organik madde tipi, polivalent katyonların miktarı ve tipleri
	Islaklık kuraklık döngüsü
	Donma ve çözülme döngüsü
Yörenin Tarihsel Gelişimi	Vejetasyon tipi, arazi kullanım şekli, tarımsal uygulamalar

AMF hiflerinin filamentlerinin yapısının, kalın ve büyük çapta olmasından dolayı toprakta uzun müddet kalabildiği düşünülmektedir (Kapulnik and Douds 2000c). Tisdall and Oades (1980)'e göre AMF hifleri konukçu bitkinin ölümünden sonra 22 haftaya kadar, agregat stabilitesi üzerindeki etkinliğini devam ettirebilmektedir.

4. AM FUNGUSLARININ MERA ISLAHINDAKİ ÖNEMİ

Türkiye'de 1940 lı yıllarda 44 milyon hektar olan çayır mera alanları günümüzde 13 milyon hektara düşmüştür. Bu mera alanlarının köylerde ortak olarak kullanılanlarının % 70 inin bitki örtüsü zayıf durumdadır (Erkun, 1999). Türkiye'de 2002 yılından bu yana mera ıslahıyla ilgili 758 proje ile 3 milyon 327 bin dekar mera alanı ıslah edilmiştir (URL-8, 2010). Ülkemizde 2008 yılında ise 118.596 hektar mera alanı ıslah edilmiştir (URL-9, 2010). Ülkemizde yaklaşık 13 milyon ha çayır- mera alanı olduğu düşünüldüğünde ıslah çalışması yapılan alanın düşük bir rakama sahip olduğu görülmektedir.

Mera ıslah metodlarından bir tanesi de gübrelemedir. Çoğu merada oluşan doğal gübreler meranın greksinimine yeterli olmamakta ve kimyasal gübre kullanmak gerekmektedir. Bu gereksinim daha çok sulanan çayırliklar için gerekli olmaktadır. Kurak şartlarda meralara verilen kimyasal gübreler çoğu kez merada yeterli bir büyüme ve ot artımına olanak vermemekte ve sonuç olarak ekonomik olmamaktadır (Aşk, 1987).

Ülkemiz topraklarında verimi sınırlayan elementlerin başında azot ve fosfor gelmektedir. Bu besin maddelerinin toprağa kimyasal gübre olarak ilave edilmesi, üretim maliyetleri ve çevreye zararlı olan etkileri nedeni ile bir çok olumsuzluğu da beraberinde getirmektedir. Buna karşılık biyolojik yollarla bu besin maddelerinin bitkilerin yararına sunulması en ucuz ve doğal yöntemler olarak bilinmektedir. Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) bitkilerle ortak yaşama giderek bitkinin topraktan alamayacağı form ve miktardaki besin maddelerini (özellikle fosfor) miselleri ile alıp bitkiye iletmektedir.

Ülkemizde mikoriza ile ilgili araştırmalar çok yeni olup, son yıllarda bu konu üzerinde gittikçe artan oranda araştırma projeleri yürütülmeye ve elde edilen endemik mikorizal fungus türlerinin pratiğe aktarılmasına yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Özellikle toprak kaynaklı hastalıklarla mücadelenin güç ve pahalı olması nedeniyle pratikte kullanılabilecek endemik türlerin saptanması ve uygulamaya kazandırılması gerekmektedir (Yıldız, 2009).

5. SONUÇ

Ülkemizin yoğun ve düzensiz şekilde otlatılan mera alanlarında bulunan mera bitkilerinin kendilerini tekrar yenileyebilmeleri; yoğun otlatma, ekstrem iklim ve toprak koşullarına dayanabilmeleri için desteklenmeleri gerekmektedir. Mera alanlarının rehabilitasyonu için sentetik gübrelerin kullanılması düşüncesi bilimsel çevrelerde gittikçe azalmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de mera ıslah çalışmalarında mikoriza aşmaları gibi doğal yöntemlerin kullanılması güncel hale gelmektedir. Bunun için mevcut AM funguslarının bir an önce belirlenerek bunlardan aktif olanlarının çoğaltılması gerekmektedir. Çoğaltılan bu fungusların özellikle kurak ve yarı kurak alanlardaki meraların ıslah çalışmaları ile erozyonla mücadele için yapılan bitkilendirmelerde etkin olarak kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Mera ıslah çalışmalarında Arbüsküler Mikorizal aşımaların kullanılması aynı zamanda toprağın ve suların kompozit gübrelerin etkisiyle kirlenmesini de önleyeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aşk, M. K. 1987. Yaylak ve Mera Islahı. 283s. Ankara.
- Baltruschat, H. and Schönbeck, F. 1975. Studies on the Influence of Endotrophic Mycorrhiza on the Infection of Tobacco by *Thielaviopsis basicola* Phytopath. Z., 84: 172 - 188.
- Bethlenfalvai, J. G 1992. Mycorrhizae and Crop Productivity. Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. ASA Special Publication, Number 14, p: 1 - 27.
- Bolan, N.S., Robson A.D. and Barrow N.J. 1987. Effects of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae the Availability of Iron Phosphates to Plants. Plant and Soil, Vol: 99, p: 401 - 410.
- Bolan, N.S. 1991. A Critical Review on the Role Mycorrhizal Fungi in the Uptake of Phosphorus by Plants. Plant and Soil, 134: 189 - 207.
- Bonfante - Fasolo, P. 1984. Anatomy and Morphology of VA Mycorrhizae. pp: 5 - 33 in: VA Mycorrhiza. Ed., C.L.I. Powel and D.J. Bagyaraj. CRC Press. Boca Rafon, Florida.
- Brown, M.F., King, E.J. 1991. Morphology and Histology of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae. A. anatomy and Cytology. In: Methods and Principles of Mycorrhizal Research. p: 15 21.
- Brundrett, M. 1991. Mycorrhizas in Naturel Ecosystem. Advanced in Ecological Research, Vol (21): 171 - 313.
- Davis, R.M. 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* on *Thielaviopsis basicola* Root Rot of Citrus. Plant Dis., 64: 839 - 840.
- Dehne, H.W. and Schönbeck, F. 1979. Untersuchungen Zum Einfluss der Endotraphen Mykorrhiza auf Pflanzenkrankheiten. II. Phenolstoffwechsel und Lignifizierung (The Influence of Endotrophic Mycorrhiza on Plant Diseases. II. Phenolmetabolism and Lignification) Phytopath. Z., 95: 210 - 216.

- Dehne, H.W., Schönbeck, F., Baltruschat, H. 1978. Untersuchungen zum Einfluss der Endotrophen Mycorrhiza auf Pflanzenkrankheiten. 3. Chitinase Aktivitat und Ornithin Zyklus (The influence Endotrophic Mycorrhiza on Plant Disease. 3. Chitinase - Activity and Ornithinecycle) Z. Pflkrankh. 85: 666 - 678.
- Dehne, H.W. 1982. Interactions Between Vesicular - Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Pathogens. *Phytopathology*, (72): 1115 - 1119.
- Demir, S. 1998. Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbüsküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar. Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bitki koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 114 s. İzmir
- Demir, S. ve Onoğur, E. 1999. Bitkilerde Vesiküler-Arbüsküler Mikoriza Oluşumunun Bitki Besleme ve Bitki Korumadaki Önemi. *Anadolu Dergisi*, 9(2), 12-32.
- Erkun, V. 1999. Çayır Mera Amenajmanı ve Islahı. TKB TÜGEM. Ankara, s. 131.
- Fitter, A.H., Garbaye, J. 1994. Interactions Between Mycorrhizal Fungi and Other Soil Organism. *Plant and Soil*, Vol: 159, No: 1, p: 123 - 133.
- Frank, A.B. 1885. Über die auf Wurzelsymbiose Beruhende Ernährung Gewisser Baume Durch Unterirdische Pilze. *Berichte der Deutsche Botanische Gesellschaft* 3, 128-145. (In German)
- Gerdemann, J.W. 1968. Vesicular - Arbuscular Mycorrhiza and Plant Growth. *Annu. Rev. Phytopathol.* 6: 397 - 418.
- Gerdemann, J.W. and Trappe, J.M. 1974. The Endogoneae in the Pasific North West. *Mycol. Mem.*,5
- Graham, J.H. and Menge, J.A. 1982. Influence of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae and Soil Phosphorus on Take - all Disease of Wheat. *Phytopathology* 72: 95 - 98.
- Harley, J.L. 1975. The Mycorrhizal Associations. *Encyclopedia of Plant Physiology*, Vol:17, p: 148 – 186
- Hayman, D. 1981. Mycorrhiza and it's Significance in Horticulture. *The Plantsman*, Vol: 2, part: 4, p: 214 - 224.
- Hayman, D. 1982. Influence of Soils and Fertility on Activity and Survial Vesicular - Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Phytopathology*, (72): 1119 - 1126.
- Hayman, D., Mosse, B. 1972. Plant Growth to Vesicular - Arbuscular Mycorrhiza. III Increased Uptake of Labille P from Soil. *New Phytol*, 71: 41 - 47.
- Jasper, D.A., Robson, A.D., Abott, L.K. 1979. Phosphorus and the Formation of Vesicular - Arbuscular Mycorrhizas. *Soil Biology and Biochemistry*, 11: 501 - 505.
- Kapulnik, Y. and Douds, D. D. Jr (eds.) 2000a. *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.p: 47-68.
- Kapulnik, Y. and Douds, D. D. Jr (eds.) 2000b. *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.p: 85-106.
- Kapulnik, Y. and Douds, D. D. Jr (eds.) 2000c. *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.p: 3-18.
- Kara Ö. ve Tilki F. 2001. Mikoriza ve Ormanlıkta Kullanımı. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Cilt: 51, Sayı: . 1. pp. 127-139.
- Tisdall, J. M. and Oades, J. M. 1980. The Effect of Crop Rotation on Aggregation in a red-brown Earth. *Aust. J. Soil Res.* 18: 423-433.
- Linderman, R.G. 1988. Mycorrhizal Interactions with the Rhizosphere Microflora: The Mycorrhizosphere Effect. *Phytopathology* Vol: 78, No: 3 p: 366 - 370.
- Linderman, R.G. 1994. Role of VAM Fungi in Biocontrol. Pages 1 - 17 in: *Mycorrhizae and Plant Health*. Edited by F.L. Pflieger and R.G. Linderman, 344 p., APS Press, St Paul, Minnesota, USA
- Li, X. L., Marschner, H. and George, E. 1991. Extension of the Phosphorus Depletion Zone in VA Mycorrhizal White Clover in a Calcareous Soil. *Plant and Soil*, Vol:135, p: 41 - 48.
- Marschner, H. 1995. *Mycorrhizas. Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition)*, Academic Press. p: 566 - 595.
- Moser, M., and Haselwandter, K. 1975. Ecophysiology of Mycorrhizal Symbiosis. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol: 12, p:391 - 421.
- Mosse, B. 1973. Advances in the Study of Vesicular - Arbuscular Mycorrhiza. *Annu. Rev. Phytopathol.* , 11: 429 - 454.
- Morton, J.B. and Benny, G.L. 1990. Revised Classification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Zygomycetes): a New Order, Glomales, Two New Suborders, Glominae and Gigasporinae and Two New Families Acaulosporaceae and Gigasporaceae with Emendation of Glomaceae. *Mycotaxon*, 37: 471 - 284.

- Morandi, D. 1996. Occurrence of Phytoalexins and Phenolic Compounds in Endomycorrhizal Interactions and Their Potential Role in Biological Control. *Plant and Soil*, Vol: 185, No: 2, p: 241 - 251.
- Morton, J.B. and Bentivenga, S.P. 1994. Levels of Diversity in Endomycorrhizal Fungi (Glomales, Zygomycetes) and Their Role in Defining Taxonomic and non - taxonomic Groups. *Plant and Soil*, 159: 47 - 59.
- Muchovej, R. M., 2001. Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops. University of Florida, Extension Institute of Food Agricultural Sciences, SS-AGR-170.
- Ortaş, İ. 2002. Do Plants Depend on Mycorrhizae In Terms of Nutrient Requirement? International Conference On Sustainable Land Use And Management. Çanakkale
- Peterson, R.L. and Farquhar, M.L 1994. Mycorrhizas - Integrated Development Between Root and Fungi . *Mycologia*, 86 (3) pp. 311 - 326.
- Rhodes, L.H. 1980. The use of Mycorrhizae in Crop Production systems. *Outlook on Agriculture*, 10 (6) : 275 - 281.
- Schenck, N.C. 1991. *Methods and Principles of Mycorrhizal Research*, APS Press, 244 p
- Schönbeck, F. 1980. Endomycorrhiza in Relation to Plant Diseases. In *Soil - Borne Pathogens*, Chapter 23, p: 271 - 280. Edited by B. Schippers and W. Gams, Academic Pres, New York, NY.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation. Federal Republic of Germany 372 pp.
- Siqueria, J.O., Safir, G.R. and Nair, M.G. 1991. Stimulation of Vesicular - Arbuscular Mycorrhiza Formation and Growth of White Clover by Flavonoid Compounds. *New Phytol.*, 118, p. 87 - 93.
- Smith, S.E., Robson, A.D. and Abott, L.K. 1992. The Involvement of Mycorrhizas in Assesment of Genetically Dependent Efficiency of Nutrient Uptake and Use. *Plant and Soil*, 146: 169 - 172.
- Tarafdar, J.C., Rao, A.V. 1997. Mycorrhizal Colonization and Nutrient Concentration of Naturally Grown Plants on Gypsum Mine Spoils in India. *Agric.Ecosys. and Environ.* 61: 13 - 18.
- Tisdall, J.M. 1994. Possible Role of Soil Microorganisms in Aggregation in Soils. *Plant and Soil*, Vol: 159, No: 1 p. 115 - 123.
- URL-1 2009. <http://www.sft66.com/fungi/html/vam.html>, Erişim: 11.06.2009
- URL-2 2009. http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/FungalBiology/fig13_1b.jpg), Erişim: 11.06.2009
- URL-3 2009. <http://bugs.bio.usyd.edu.au/Mycology/images/Topics/Ecology/GlomusSpore.jpg>, Erişim: 11.06.2009
- URL-4 2009. <http://bugs.bio.usyd.edu.au/Mycology/images/Topics/Ecology/AcaulosporaSpore.jpg>), Erişim: 11.06.2009
- URL-5 2009. <http://invam.caf.wvu.edu/collection/pubs/abstracts/mycorrhiz.JPG>), Erişim: 11.06.2009
- URL-6 2009. <http://www.unifr.ch/plantbio/new/didier/fig4.jpg>, [fig5.jpg](http://www.unifr.ch/plantbio/new/didier/fig5.jpg), Erişim: 12.06.2009
- URL-7 2009. <http://www.iab.uni-karlsruhe.de/heisenberg/286.php>, Erişim: 12.06.2009
- URL-8 2010. http://www.tarim.gov.tr/Duyurular,haber_Detayli_Gosterim.html?NewsID=299 Erişim: 17.02.2010
- URL-9 2010. http://www.agm.gov.tr/Faaliyetler/08_AGM_FAALiyET_MERAIslaH.pdf Erişim: 19.02.2010
- Wilcox, H.E. 1971. Morphology of Ectomycorrhizae in *Pinus resinosa*. In *Mycorrhizae*, ed, E. HacsKaylo, 54 - 68. U.S. Dept.Agr. Misc. Publ. 1189, 225 pp.
- Yıldız, A. 2009. Mikoriza ve Arbüsküler Mikoriza Bitki Sağlığı İlişkileri, Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi 2009; 6(1):91 – 101.