

ARBUSCULAR MİKORİZAL FUNGUSLARIN BAĞCILIKTA BİTKİ GELİŞİMİ, HASTALIK, YABANCI OT VE NEMATOD MÜCADELESİNDE ETKİNLİKLERİ

Lerzan ÖZTÜRK^{1,a}, Nur SİVRİ^{2,b}, Bahadır ŞİN^{3,c,*}

¹*Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye*




²*Zirai Karantina Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye*

³*Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sakarya, Türkiye*

**Sorumlu Yazar:*

E-mail: sinbahadir@gmail.com

(Received 6th June 2022; accepted 03th November 2022)

a:  ORCID 0000-0003 b:  ORCID 0000-0003-2199-6807, c:  ORCID 0000-0002-0109-3662

ÖZET. Mikorizalar toprakta yaşamını sürdüren fungal mikroorganizmalardır. Mikorizal funguslar birçok kültür bitkisinde kolonize olabilmektedirler ve konukçu bitkilerde etkileri değişkenlik göstermektedir. Mikorizal funguslar kolonize oldukları bitki kökünden besin elementlerini alırken bitkinin vegetatif gelişimini de teşvik etmektedirler. Bu funguslar aynı zamanda bitkilerin kökleri vasıtasıyla doğrudan alınamayan bazı elementlerin de bitkilerin bünyesine alınabilmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte mikorizalar ürettikleri bileşenlerle konukçu bitki savunma sistemlerini uyarmakta, bu sayede hastalık ve zararlılara karşı bitkilerin daha dayanıklı olmasına yardımcı olmaktadır. Bu funguslar ayrıca birçok patojen, bitki paraziti nematod ve fungus ile de interaksiyona girmekte ve bu ilişkileri fungal gelişimlerini engelleyici veya teşvik edici ya da inerraksiyona girdikleri etmenin gelişimini etkileyici şekilde olmaktadır. Bağ alanlarında da birçok mikorizal fungus türü toprakta bulunmakta ve bunların asma köklerinde kolonize oldukları bilinmektedir. Bu derlemede mikorizal funguslar ve bağ alanlarında teşhisi yapılmış olan türleri hakkında bilgiler verilmiştir. Aynı zamanda bu fungusların hastalık, yabancı ot ve nematodlarla olan interaksyonları tartışılmış, asmaların gelişimlerine olan etkileri detaylıca açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Mikoriza, bağcılık, nematodlar, yabancı otlar, bitki hastalık etmenleri*

EFFECTS OF ARBUSCULAR MICORIZAL FUNGUES ON PLANT DEVELOPMENT, DISEASE, WEED AND NEMATODE FIGHTING IN VINETIAL

ABSTRACT. Mycorrhizae are fungal microorganisms that live in the soil. Mycorrhizal fungi can colonize many cultivated plants, and their effects on host plants vary. Mycorrhizal fungi, while taking nutrients from the root of the plant they colonize, also encourage the plant's vegetative growth. Mycorrhiza also helps some elements that cannot be taken directly through the roots of the plants into the plants. However, mycorrhizae stimulate the host plant defence systems with the components they produce, thus helping the plants to be more resistant to diseases and pests. These fungi also interact with many pathogens, plant parasitic nematodes, and fungi. These relationships effectively inhibit or promote fungal growth or influence the agent's development with which they enter into inactivation. Many mycorrhizal fungi species are also found in the soil in vineyard areas, and they are known to colonize grapevine roots. This review

gives information about mycorrhizal fungi and their species diagnosed in vineyard areas. The interaction between mycorrhiza, pests, and diseases and their effect on the development of vines was explained in detail.

Keywords: *Mycorrhiza, viticulture, nematodes, weeds, plant pathogens*

GİRİŞ

Asma, gelişim için belirli çevresel koşullara ihtiyaç duymadığı için dünyada en çok yetiştirilen meyvelerden biridir. Dünya genelinde 7.400.000 hektar alanda 77.800.000 ton üzüm üretilmektedir. Dünyada bağ alanı ve üzüm üretimi açısından Çin, Fransa, İspanya, İtalya ve Türkiye ilk sıralarda yer alan ülkeler olarak bildirilmektedir. Dünyada üretilen üzümlerin % 57'sini şaraplık çeşitler, % 36'sını sofralık ve % 7'sini kuru üzüm oluşturmaktadır [1]. Asma, 14.000'den fazla çeşidi ile önemli bir kültür bitkisi, zengin mineral ve vitamin içeriği ile iyi bir besin maddesi ve üreticiler için önemli bir gelir kaynağıdır [2]. Meyvesi şarap, kuru üzüm, şıra, pekmez, sirke gibi farklı şekillerde tüketilebileceği gibi taze olarak da tüketilebilmektedir.

Bağ alanlarında uygun toprak ve iklim koşullarında birçok zararlı ve hastalık büyüme dönemlerinde asmalara zarar vermektedir. Hastalıklar içerisinde *Grapevine Fanleaf Virus* ve bakteriyel kanser *Rhizobium* sp., kav (*Stereum hirsutum*) türleri kimyasal mücadeleleri olmadığından en önemli olarak kabul edilmektedir. Virüs ile bulaşık omcalarda gelişme gerilemekte, salkımlar küçük kalmakta, tane iriliği, asitliği, antosiyanin içeriği olumsuz etkilenmektedir. *Rhizobium* ve kav gibi patojenlerin neden olduğu hastalıklarda ise omcalar kuruyabilmektedir. Birçok nematod türü de vejetasyon döneminde bağ alanlarında zarar yaparak verim kayıplarına neden olmaktadır. Dünya genelinde bağ alanlarında farklı şekillerde beslenen predatör, fungivor, omnivor, bakterivor ve herbivor birçok nematod türü bulunmaktadır [4]. Bunlardan kök ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), lezyon nematodları (*Pratylenchus* spp.) ve özellikle virüs vektörü kamalı nematodlar (*Xipinema* spp.) en önemli türler olarak tanımlanmaktadır [5]. Bu zararlıların bitki kökleri ile beslenmeleri sonucunda bitkiye besin ve su alımı engellenmekte ve ciddi verim kayıpları meydana gelmektedir. Bu zararlılara karşı çok hassas olan çeşitlere ait fidanların dikilmesi bitki zararını ve verim kayıplarını daha da arttırmaktadır [6]. Özellikle fidan gibi üretim materyallerinin kontrolsüz taşınması, karantina prosedürlerinin yetersizliği, tarım makinelerinin bilinçsiz kullanımı, küresel ısınma nedeniyle yağışların artması ve sel nedeniyle nematod ve yabancı ot tohumları ile bulaşık toprakların taşınarak yayılması sonucunda tarım alanlarında bulaşıklık her geçen gün artmaktadır. Dünyada nüfusun ihtiyaç duyduğu kaliteli ve yüksek verimli ürünlerin elde edilebilmesi için biyotik sorunların zamanında belirlenmesi ve mücadele yapılması gerekmektedir [3].

Yabancı otlar ise su, ışık ve besin maddeleri için asmalarla rekabet ederek % 68 sürgün ağırlığı, %3 meyve ağırlığı ve %37 verim düşüşü meydana getirmektedir [7]. Asmalar arasında büyüyen bazı yabancı otlar da büyümeyi engelleyen allelopatik kimyasallar salgılayarak asma büyümesini etkileyebilmektedir [8]. Özellikle yabancı otlar yeni kurulan bahçelerde genç fidanların büyümesini etkileyerek sorun teşkil etmektedir. Ayrıca birçok yabancı ot virüs, bakteri ve nematod gibi bitki hastalık ve zararlılarına ev sahipliği yapmaktadır [9]. Özellikle Amaranchaceae ve Brassicaceae gibi bazı familyalardaki yabancı otlar bazı virüsler için iyi birer konukçu durumunda bulunmaktadır [10]. Deri değiştirme sırasında enfektivitelerini kaybeden nematodlar veya

vektör böcekler yabancı otlarda bulunan bu virüsleri beslenme sırasında alarak sağlıklı bitkileri enfekte edebilmektedirler. Ayrıca tohumla bulaşan virüslerde virüs başka alanlara da taşınabilmekte ve çimlenip gelişecek olan virüsle bulaşık bitkiler yeni enfeksiyonlar başlatabilmektedir [11].

Günümüzde hastalık, zararlı, yabancı ot ve nematodlara karşı kültürel yöntemlerin yanı sıra kimyasal mücadele de yoğun olarak kullanılmaktadır. Kimyasal mücadelede etken maddelerin bilinçsiz ve kontrolsüz uygulanması hayvanlarda, bitkilerde ve çevrede toksisiteye sebep olmakta, havada, toprakta ve gıdalarda kalıntılara neden olmakta ve bitkilerde fitotoksisiteye bağlı olarak verim kayıpları görülmektedir [12]. Pestisitlerde birçok etken maddenin kullanımı bu olumsuz etkilerinden dolayı her yıl yasaklanmaktadır. Ayrıca araştırmalar, herbisitlerin asma kökünde mikoriza kolonizasyonunu ve toprak mikroorganizma popülasyonlarını azaltabileceğini, asma köklerinin, yapraklarının, meyvenin besin içeriğinin değişebileceğini ve bu değişikliklerin şarap fermantasyonunu etkileyebileceğini göstermiştir [13].

Bitki paraziti nematodlar, patojenler ve yabancı otlar, topraktaki birçok mikroorganizma ile antagonistik ilişki içinde bulunmaktadır. Bunlar, toksinler, antibiyotikler salgılayarak, bitkilerde direnci uyararak ve bitki büyümesini teşvik ederek nematodları baskılayabilmekte ve nematod zararını en aza indirebilmektedir. Bununla birlikte yabancı ot tohumlarının çimlenmesini engelleyebilmektedir. Bu antagonistik ilişki baz alınarak yapılan biyolojik mücadele, son yıllarda üzerinde yoğun olarak çalışılan alternatif yöntemlerden biridir. Biyolojik mücadelede bakteriyel ve fungal mikroorganizmaların ekstrem çevre koşullarında canlılıklarını kaybetmeden uzun yıllar toprakta kalabilmeleri, çok hızlı çoğalmaları, kimyasal uygulamalardan etkilenmemeleri, uygulandıkları alanın fiziksel ve çevresel koşullarına çok kolay adapte olmaları nedeniyle önem kazanmıştır. Fungal etkenlerden mikorizal funguslar, olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılıkları mücadelede olumlu sonuçlar verebilen en önemli etmenlerden biridir [14].

Mikorizal fungusların bağcılıkta önemi

Mikorizal fungusların tarımda önemi ve özellikle bağcılıkta asma gelişimine etkileri ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve funguslar ile bitki arasındaki simbiyotik ilişkinin aşağıdaki etkileri tespit edilmiştir. Bağcılıkta kullanılan mikorizal fungusların çoğu arbusküler mikorizadır

Mikorizal funguslar, köklerin büyümesini ve emiş kapasitesini iyileştirmekte, topraktan besin ve su maddeleri alım kapasitesini arttırarak asma bitkisinin su stresine girmesini, böylece vegetatif gelişme ve meyve kalitesinin etkilenmesini engellemektedir [38].

Bağcılık genellikle besin elementi miktarının zayıf olduğu topraklarda yapılmaktadır. Arbusküler mikorizal funguslarının ise zayıf topraklarda daha iyi kolonize olduğu bildirilmektedir [17]. Arbusküler mikoriza'nın bitki büyümesi üzerindeki en belirgin etkisi, toprakta düşük hareketliliğe sahip besin maddelerinin özellikle de fosforun eksikliğinde bu elementin bitkilerce alımında rol oynamasıdır. Düşük çözünürlüğe sahip fosfor bitkilerce alınamamaktadır. Özellikle kalın köklü bitkilerde toprak ile temas eden kök yüzey alanları az olduğundan su ve besin elementleri alımları da düşük olmaktadır. Bu gibi durumlarda bu bitkiler arbusküler mikorizal fungusları ile simbiyotik ilişki kurarak uzağa ulaşabilen fungus hifleri yoluyla fosfor (P), kalsiyum (Ca), mangan (Mn), bakır (Cu), kükürt (S) ve çinko (Zn) gibi elementleri alabilmektedirler [39]. Arbusküler mikoriza fungusları salgıladıkları salgılarıyla toprak Ph'ını düzenleyip fosforu bitkilerin

alabileceği forma dönüştürmek ya da hifleri ile bünyesine aldığı organik fosfor bileşiklerini bünyesinde bitkiye yararlı hale getirerek bitkiye aktarmaktadır [40]. Örneğin *Gigaspora margarita* mikorizal fungusu ile bulaşık bağ alanında 3309 ve 110 R anaçlarına aşılı Victoria üzüm çeşidinde yaprakta potasyum (K) konsantrasyonu artmıştır. Yine *Glomus constrictum*, *Glomus deserticola* ve *Glomus mosseae* arbusküler mikoriza fungusları varlığında Kober 5BB anacında bakır (Cu) konsantrasyonu artarken mangan (Mn), çinko (Zn) ve bor (B) içeriği ise azalmaktadır [41].

Topraklarda bulunan azot (N) yıkanma ya da buharlaşma ile çoğunlukla çözünmüş nitrat (NO₃) formunda topraktan uzaklaşmaktadır. Arbusküler mikorizal fungusları toprak yapısını iyileştirmekte, toprak agregasyonu ve dolayısıyla toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır. Bununla birlikte mikorizalar azotu amonyum (NH₄) formunda alıp bünyesinde tutarak topraktan uzaklaşmasını engellemektedir. Bunun yanı sıra kayaların ayrışmasıyla toprağa ya da suya salınan azot da mikorizalar tarafından tutulmaktadır. Ayrıca ölü organizmalardan çıkan azotu da almaktadır. Yapılan çalışmalar, arbusküler mikoriza bitkilerinin toplam N alımının yaklaşık % 20-75'inin arbusküler mikorizal funguslar tarafından konukçularına aktarılabilirliğini göstermiştir [42].

Dünya'da endüstriyel, tarımsal ve insan kaynaklı sera gazı salınımı fazla olmaktadır. Ülkemizde 2020 yılında toplam sera gazı salınımı 523,9 milyon ton (Mt) CO₂ olarak hesaplanmıştır. Bu gazların salınımı ozon tabakasına da zarar vermektedir. Arbusküler mikorizal funguslar CO₂ gibi sera gazlarını tutmaktadır [42].

Arbusküler mikorizal türler tarafından kolonize edilen bitki köklerinde, hormonların, arginin, izoflavonoid, sitokin ve gibberellin gibi bileşiklerin üretimini artırarak kök gelişimini teşvik etmektedir [43].

Arbusküler mikorizal funguslar rüzgarla toprak erozyonunu önlemede etkili olarak belirtilmektedir. Bitkilerde kök bölgesinde mikoriza kolonizasyonu arttıkça rüzgâr kaynaklı toprak kaybının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Burada arbusküler mikorizal funguslar hiflerinin toprak parçacıklarını tutarak gregasyonu arttırması ve ayrıca mikorizaların toprak parçacıklarını bir arada tutan yapışkanimsi salgılar salgılamaları rol oynamaktadır [44].

Arbusküler mikorizal fungus ile bulaşık alanlarda yeni dikilen fidanlarda tutma oranı ve kök gelişiminin önemli ölçüde arttırmaktadır [45].

Arbusküler mikorizal funguslar uygulaması ile bağ alanlarında asmalarda yaprak, sürgün ve kök gelişimi, yan kök sayısı ve kök uzunluğu, fosfor gibi faydalı elementlerin dokulardaki konsantrasyonu ve kadmiyum gibi ağır metallere bağlı oluşabilecek toksisitenin azaldığı birçok çalışmada ortaya konmuştur. [46-47]. Yürütülen çalışmada Kober 5BB, 41B ve Earyl Cardinal üzüm çeşitlerinin sürgün ve kök gelişimi *Glomus mosseae* ve *Glomus intraradices* Arbuscular mikoriza uygulaması ile artmıştır [48]. Benzer şekilde Kober 5BB anacı ile yapılan çalışmalarda *Glomus constrictum*, *Glomus deserticola* ve *Glomus mosseae* arbusküler mikoriza fungusları varlığında yaprak sayısında artışa meydana geldiği bildirilmektedir.

Arbuscular mikorizal funguslar kolonize oldukları bitkilerde caroteoid ve bazı uçucu yağlar gibi bileşenlerin üretimini etkileyerek meyvenin besin elementi içeriğinde artışa neden olabilmektedirler. *Glomus versiforme* mikorizal fungusu uygulanmış turunçgil bahçelerinde meyvelerde şeker, organik asit, vitamin C, mineraller ve flavanoid içeriğinde artış olduğu ve böylece meyve kalitesinin arttığı bildirilmiştir. Arbuscular mikorizal fungusların simbiyozu antosiyanin, klorofil, carotenoid, toplam çözünür fenoliklerin birikimini arttırmaktadır [49].

Arbusküler mikorizal funguslara sahip bitkilerde, jasmonik asit, salisilik asit ve birkaç önemli inorganik besin maddesinin sentezinde artış olmaktadır. Örneğin, toplam P, Ca²⁺, N, Mg²⁺ ve K⁺ konsantrasyonları, tuz stresi koşulları altında aşılammış bitkilere kıyasla AMF ile muamele edilmiş bitkilerde daha yüksek olarak bildirilmektedir [50].

Genel olarak, Arbuscular mikorizal fungus ile aşılammış bitkiler, çok yüksek veya çok düşük sıcaklıklarda Arbuscular mikorizal fungus ile aşılammış olanlardan daha iyi büyüme göstermektedir. Örneğin *Glomus fasciculatum*, Arbuscular mikorizal fungus bulunan yüksek sıcaklık koşullarında bitkilerin iyi geliştiği, sıcaktan çok etkilenmemektedir. Arbuscular mikorizal fungus ile kolonize olmuş bitkilerde soğuk stresi koşullarında mikorizalar bitkilerde nem kaybını engelleyebilmekte, bitkilerin dayanıklılığını arttırmak için sekonder metabolitlerin sentezini teşvik etmekte ve soğuk zararından korumak için protein içeriğinde artışa neden olabilmektedir [51-52].

Arbuscular mikorizal fungusları çok kireçli topraklarda asmalarda yapraklarda klorofil içeriğini düzenleyerek kloroz simptomlarını azaltmada rol oynamaktadır. Mikoriza uygulaması sonrası Chardonnay çeşidi aşılammış veya aşılammadan yetiştirilen 101-14 anacında yapraklarda klorofil miktarı ve demir alımında artış görülmektedir. Yine 101-14 ve 3009C anaçlarına aşılammış Pinot Blanc çeşidinde mikoriza uygulanmış bitkilerde klorofil içeriği ve demir alımında artış görülmüş ve dolayısıyla bitkide kloroz azalmıştır [53].

Arbuscular mikorizal funguslardan *Glomus fasciculatum* asma bitkisine aşılandıktan 60 ve 120 gün sonra bitkinin morfolojik parametrelerinde, besin alımında, fosfor ve klorofil içeriğinde dikkate değer artış görülmüştür. 60 ve 120 gün sonunda aşılı üzüm bitkisinde kontrole oranla daha yüksek yaprak sayısı (% 50.84 ve % 75.29), yaprak alanı (% 254.43 ve % 209.96), sürgün uzunluğu (% 22.91 ve % 34.88) ve kök uzunluğu (% 10.99 ve % 19.67) gözlemlenmiştir. Bu arada, bitki fosfat içeriği (% 430.79 ve % 525.13) ve toplam klorofil içeriği (% 45.66 ve % 18.88) de önemli ölçüde artmıştır [54].

Mikorizalı asmalar, aynı kuraklık stresi altında mikorizalı olmayan asmalara göre yapraklarda daha yüksek su potansiyeli ve stoma iletkenliğe sahiptir. Bu bitkilerde CO₂'nin asimilasyonu, su kullanımının randımanı ve fotosentez hızı artmaktadır [55].

Bitki gelişim düzenleyici bakterileri bitki kökleri etrafında ya da kök yüzeyinde bulunan ve bitki gelişimini teşvik eden toprak bakterileridir (Kloepper ve Schroth, 1978). Özellikle ekstrem sıcaklık, nem ve toprak koşullarına oldukça dayanıklı *Bacillus* türleri ile kombinasyonun sonuçları olumlu olmaktadır. Arbuscular mikorizalar da her toprak tipinde yaşayabilmekte, düşük ve yüksek sıcaklıklarda etkinliği azalmasına karşın tamamen kaybolmamaktadır. 5-37°C arasında bitki köklerinde farklı oranlarda kolonize olabilen fungus 5°C'de bile etkinliğini sürdürüp bitki kökünü sarabilmektedir [57-58]. Bu bakteriler mikorizalar ile birlikte uygulandığında yani Bitki gelişim düzenleyici bakteri × arbusküler mikorizal fungus kombinasyonun bitki büyümesini teşvik ettiği; tarımsal üretimde maliyeti önemli derecede azalttığı belirtilmektedir. Arbuscular mikorizal fungus *Glomus irradicans* ve bitki gelişim düzenleyici bakteri *Bacillus megaterium* ile yapılan denemelerde biber bitkisinde tuz stresinin azaldığı bildirilmektedir [59]. Yine *Bacillus subtilis* ve arbuscular mikorizal fungus uygulamaları sonrasında buğday, patates ve fasulye gibi bitkilerde verim artışı görüldüğü yayınlarda yer almaktadır [60].

Arbuscular mikorizal fungus kolonizasyonu bitkilerin yer üstü kısımlarının yapısını değiştirerek su stresine toleranslı hale getirmektedir. Arbuscular mikorizal fungus tarafından üretilen glomalin proteini farklı stress koşullarına maruz kalan topraklarda su içeriğinin korunmasında rol oynamaktadır. Glomalin % 30-40 karbon (C) içermekte ve

toprağın su tutma kapasitesini arttırarak toprağı kurumaktan korumaktadır. Stomatal iletkenlik, yaprak su potansiyeli, bağıl su içeriğı, fotosistem 2 verimliliğı ve CO₂ asilimasyonu arbuscular mikorizal fungus varlığından artmaktadır. Sonuç olarak kuraklık ve tuzluluk gibi streslere karşı bitkinin toleransını arttırmaktadır. Bununla birlikte tuzluluk sorunu olan topraklarda bitkilerde iyon dengesi ve enzim aktivitesi de arbuscular mikorizal fungus ile düzenlenmektedir [49].

Bağ alanlarında tespit edilen mikorizal funguslar Çizelge 1 de, farklı fungal uygulamalarının farklı üzüm çeşitlerinde etkileri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Dünya’da farklı ülkelerde bağ alanlarında saptanan mikorizal fungus türleri [61-65]

Fungus Tür Adı	Familiya
<i>Acaulospora elegans</i> Trappe & Gerd., 1974	Acaulosporaceae
<i>Acaulospora lacunosa</i> J.B. Morton, 1986	
<i>Acaulospora rehmi</i> Sieverd. & S. Toro 1987	
<i>Acaulospora longula</i> Spain & N.C.Schenck	
<i>Acaulospora laevis</i> Gerd. & Trappe 1974	
<i>Acaulospora alpina</i> Oehl, Sýkorová and Sieverd	
<i>Acaulospora foveata</i> Trappe & Janos	
<i>Acaulospora mellea</i> Spain and N.C. Schenck	
<i>Acaulospora morrowiae</i> cf. Spain and N.C. Schenck	
<i>Acaulospora reducta</i> Oehl, B.T. Goto and C.M.R. Pereira	
<i>Acaulospora spinosa</i> C. Walker & Trappe	
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos and Trappe	
<i>Entrophospora infrequens</i> (I.R.Hall) · R.N.Ames & · R.W.Schneid.	
<i>Acaulospora walkeri</i> cf. Kramad. and Hedge	
<i>Ambispora leptoticha</i> (N.C. Schenck and G.S. Sm.) R.J. Bills & J.B. Morton	Ambisporaceae
<i>Ambispora reticulata</i> Oehl and Sieverd	
<i>Ambispora gerdemanni</i> (S.L.Rose, B.A.Daniels & Trappe) C.Walker, Vestberg & A.Schüssler	Archaeosporaceae
<i>Archaeospora trappei</i> (R.N. Ames and Linderman) J.B. Morton and D. Redecker	
<i>Claroideoglomerus claroideum</i> (N.C. Schenck and G.S. Sm.) C. Walker and A. Schüßler	Claroideoglomeraceae
<i>Claroideoglomerus etunicatum</i> (W.N. Becker and Gerd.) C. Walker and A. Schüßler	
<i>Claroideoglomerus luteum</i> (L.J.Kenn., J.C.Stutz & J.B.Morton) C.Walker & A.Schüßler	
<i>Gigaspora margarita</i> cf. W.N. Becker and I.R. Hall	Gigasporaceae
<i>Cetraspora armeniaca</i> (Błaszk.) Oehl, F.A.Souza & Sieverd.	
<i>Cetraspora pellucida</i> (T.H. Nicolson and Gerd.) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	
<i>Scutellospora calospora</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders	

Çizelge 1. devamı

Fungus Tür Adı	Familya
<i>Scutellospora dipurpurascens</i> Morton&Koske	Gigasporaceae
<i>Scutellospora erythroa</i> (R.E. Koske & C. Walker, 1984) C. Walker & F.E. Sanders (1986)	
<i>Scutellospora cerradensis</i> Spain & J. Miranda (1996)	
<i>Dentiscutata heterogama</i> (T.H. Nicolson and Gerd.) Sieverd., F.A. Souza and Oehl	Glomeraceae
<i>Dominikia aurea</i> cf. (Oehl and Sieverd.) Błaszk., Chwat, G.A. Silva and Oehl	
<i>Dominikia compressa</i> (Sieverd., Oehl, Palenz., Sánchez-Castro & G.A.Silva) Oehl, Palenz., Sánchez-Castro & G.A.Silva	
<i>Dominikia bernensis</i> Oehl, Palenz., Sánchez-Castro, N.M.F.Sousa & G.A.Silva	
<i>Glomus clarum</i> Nicolson & Schenck	
<i>Glomus fistulosum</i> Skou & Jakobsen	
<i>Glomus badium</i> Oehl, D.Redecker & Sieverd.	
<i>Glomus aggregatum</i> Schenck & Smith emend. Koske	
<i>Glomus heterosporum</i> G.S.Sm. & N.C.Schenck	
<i>Glomus microcarpum</i> Tul. & C. Tul.	
<i>Glomus claroideum</i> Schenck & Sm	
<i>Glomus etunicatum</i> Becker & Gerd.	
<i>Glomus fasciculatum</i> (Thaxter) Gerd. & Trappe emend. Walker and Koske	
<i>Glomus spinosum</i> H.T.Hu	
<i>Glomus microaggregatum</i> Koske, Gemma and P.D. Olexia	
<i>Glomus ambisporum</i> cf. G.S. Sm. and N.C. Schenck	
<i>Glomus spinuliferum</i> Sieverd. and Oehl	
<i>Glomus geosporum</i> (Nicolson & Gerd.) Walk	
<i>Glomus leptotichum</i> Schenck & Smith	
<i>Glomus microaggregatum</i> Koske, Gemma & Olexia	
<i>Glomus mosseae</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	
<i>Glomus pulvinatum</i> (P. Henn.) Trappe & Gerd	
<i>Glomus rubiforme</i> (Gerd. & Trappe) R.T.Almeida & N.C.Schenck	

Çizelge 1. devamı

Fungus Tür Adı	Familiya	
<i>Glomus scintillans</i> Rose & Trappe	Glomeraceae	
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck		
<i>Glomus spurcum</i> Pfeiffer, Walker & Bloss		
<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & C.Tul. (1845)		
<i>Glomus monosporum</i> Gerd. & Trappe		
<i>Glomus constrictum</i> Trappe		
<i>Glomus occultum</i> C. Walker		
<i>Glomus melanosporum</i> Gerd. & Trappe		
<i>Glomus gerdemannii</i> S.L.Rose, B.A.Daniels & Trappe		
<i>Oehlia diaphana</i> (J.B. Morton and C. Walker) Błaszk., Kozłowska & Dalpé		
<i>Paraglomus occultum</i> Morton & Redecker		
<i>Rhizophagus clarus</i> (T.H. Nicolson and N.C. Schenck) C. Walker and A. Schüßler		
<i>Rhizophagus fasciculatus</i> (Thaxt.) C. Walker and A. Schüßler		
<i>Rhizoglomus irregulare</i> (Błaszk., Wubet, Renker & Buscot) Sieverd., G.A.Silva & Oehl		
<i>Septoglomus viscosum</i> (T.H. Nicolson) C. Walker, D. Redecker, Stille and A. Schüßler		
<i>Septoglomus constrictum</i> (Trappe) Sieverd., G.A. Silva and Oehl		
<i>Sclerocystis sinuosa</i> Gerd. and B.K. Bakshi		
<i>Sclerocystis coremioides</i> Berk. and Broome		
<i>Sclerocystis rubiformis</i> Gerd. & Trappe		
<i>Entrophospora infrequens</i> (I.R. Hall) R.N. Ames and R.W. Schneid	Paraglomeraceae	
<i>Paraglomus brasilianum</i> (Spain and J. Miranda) J.B. Morton and D. Redecker		
<i>Diversispora epigaea</i> (B.A.Daniels & Trappe) C.Walker & A.Schüßler		Diversisporaaceae
<i>Diversispora celata</i> C.Walker, Gamper & A.Schüßler		Diversisporaaceae
<i>Palaeospora spainiae</i> Oehl, Palenz., Sánchez-Castro & G.A.Silva	Archaeosporaceae	

Çizelge 2. Mikoriza fungusunun üzüm bitki interaksyonu ile ilgili yapılan bazı çalışmaların sonuçları

Üzüm çeşitleri	Fungus türleri	Bitkideki etkisi	Referans
Salt Creek, St. George, Dogridge, 1613 Couderc	<i>Glomus fasciculatum</i>	Vejetatif gelişimde artış. Boğum aralarında uzama, tuzluluk tolerans artışı	[66]
Salt Creek, Male	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus manihotis</i> , <i>Gigaspora gigantea</i>	Kök (%40) ve sürgün (%20) kuru ağırlığında, toplam klorofil (% 24), P, K, Ca ve Mg seviyelerinde artış.	[67]
Merlot	AMF	Fotosentezde, bitki gelişiminde, meyve kabuğunda flavonoid içeriğinde artış	[68]
Dogridge, 1103 Paulsen Harmony	<i>Glomus</i> spp.	Klorofil, prolin, toplam karbonhidrat ve yaprakta P ve K konsantrasyonlarında artış	[69]
Dogridge	<i>Glomus mosseae</i>	Kökuzunluğu, sürgün ve kök yaş ve kuru ağırlığında artış. Tuzluluk tolerans artışı	[70]
Crimson	<i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i> sp. <i>nova</i>	Fotosentezde ve bitki su içeriğinde artış	[71]
Razaki	<i>Glomus mosseae</i>	Sürgün ağırlığı ve yaprak sayısında artış	[72]
110 Richter, 140 Ruggeri, 1103 Paulsen 44-53 M, 775P, 101-14Mgt, Kober 5BB	<i>Glomus mosseae</i>	Kuraklığa dayanıklılık, yaprak su potansiyeli ve fotosentezde artış.	[73]
SO4	<i>Glomus mosseae</i>	Sürgün ağırlığında, Zn, Cu ve P konsantrasyonunda artış	[74]
Sangiovese	<i>Glomus iranicum</i>	Köklenmede, besin elementi alımında artış	[75]
101-14, 420A	<i>Acaulospora scrobiculata</i> , <i>Glomus clarum</i> , <i>Scutellospora heterogama</i>	Vejetatif gelişmeye etkisizdir. S. Heterogama 420A anacında yaprak alanında azalmaya neden olmuştur	[76]
Cabernet sauvignon	<i>Glomus intraradices</i>	Sürgün ağırlığında artış	[77]

Çizelge 2. Devamı

Üzüm çeşitleri	Fungus türleri	Bitkideki etkisi	Referans
Pinot noir	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus intraradices</i> , <i>Scutellospora calospora</i>	Bitki kuru ağırlığında (% 274), P alımında (% 833), bitki vegetatif gelişiminde artış	[78]
SO ₄	<i>Glomus intraradices</i>	Kök ve sürgün ağırlığında artış	[79]
1103 Paulsen	<i>Rhizoglomus irregulare</i> , <i>Funneliformis mosseae</i>	Kök ve sürgün gelişiminde, Cu, Mn ve Mg içeriğinde artış	[80]
Gloire de Montpellier, Rupestris St. George, Couderc 3309	<i>Gigaspora margarita</i>	Mikorizalı bitkilerde kök ve sürgün gelişiminde, yaprakta P içeriğinde artış. Ca ve Mg içeriğinde azalış	[81]
SO ₄	<i>Glomus fasciculatum</i>	Kök gelişiminde artış	[82]
Kober 5 BB, 41 B, 110 Richter	<i>Glomus intraradices</i> , <i>Glomus aggregatum</i> , <i>Glomus mosseae</i> , <i>Glomus clarum</i> , <i>Glomus monosporus</i> , <i>Glomus deserticola</i> , <i>Glomus brasilianum</i> , <i>Glomus etunicatum</i> <i>Gigaspora margarita</i>	Kök ve sürgün gelişiminde, klorofil, total fenolik madde, suda çözünebilir şeker miktarında artış	[83]
Cabernet sauvignon	AMF	Bitki gelişiminde ve verimde artış. Yüksek antosiyanin ve fenolik madde tespiti	[84]
SO ₄ , 110 Richter	<i>Rhizophagus irregularis</i>	Bitki gelişiminde artış	[85]
196-17 Castel, 110 Richter, 161-49 Couderc	<i>Glomus aggregatum</i>	Bitki gelişiminde artış	[86]
1103 Paulsen	<i>Dentiscutata heterogama</i> , <i>Glomus gigantea</i> , <i>Acaulospora morrowiae</i> , <i>Acaulospora colombiana</i> , <i>Rhizophagus clarus</i> <i>Rhizophagus irregularis</i>	Kökte yaprak alanında, fotosentez ve transpirasyon oranında artış	[87]

Mikorizal fungusların bağıcılıkta hastalık ve zararlı mücadelesinde etkinliği

Mikorizalar toprak ve kök kaynaklı patojenlere ve ayrıca yaprak patojenlerine de etkilidir. Biyolojik mücadelede özellikle Arbusküler mikorizal funguslar aşağıda verilen farklı mekanizmaları kullanarak toprak zararlılarına ve patojenlere etkili olmaktadır [88].

- 1) Bitki besin elementi ve su alımını arttırmak.
- 2) Bitki dokularında biyokimyasal değişiklikler meydana getirmek.
- 3) Bitki yapısında anatomik değişiklikler meydana getirmek.
- 4) Bitkilerin hastalığa duyarlı hale getirebilecek kuraklık gibi stress koşullarına direncini arttırmak.
- 5) Bitki kökünde morfolojik değişiklikler meydana getirmek ve böylece kök salgılarının da miktarının değişmesi.
- 6) Toprakta patojenlerle rekabet edebilecek mikroorganizma sayısını arttırmak.
- 7) Bitkinin fotosentez ürünleri veya besin elementleri için patojenler ile rekabet etmek.
- 8) Ürettikleri bileşenlerle konukçu bitki savunma sistemlerini uyarıp hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığa (ISR) neden olmak.

Mikorizalar sulama suyuyla bitkilerin kök bölgesine verilebilmektedir. Bununla birlikte mikorizalı mısır gibi bitkilerin kökleri de parçalanarak omcaların kök bölgesindeki toprağa karıştırılabilmektedir. Ayrıca mikorizalı topraklar ya da gübre dikim ortamına karıştırılabilmektedir.

Mikoriza aşılansmış bitkilerde patojen saldırısı koşullarında farklı genler aktive edilmekte ve farklı proteinler üretilmektedir. Bunlar arasında fitoaleksinler, kalloz, ghikoproteinler, fenolikler, peroksidazlar, kitinazlar, β -1-3 glukozazlar ve PR'ler (patogenez ile ilgili proteinler) sayılabilmektedir. Örneğin mikorizalı biber bitkisinde *Verticillium* solgunluğu mevcut iken asidik kitinaz ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi bileşenler üretilmekte, peroksidaz ve fenilalanin amonyak aktivitesi artmaktadır [88].

Mikorizalar bitkileri aylarca patojenlerin saldırılarına karşı koruyabilmektedir. Ayrıca bitkilerde patojen kaynaklı ilk enfeksiyondan hastalık çıkışı geciktirilebilmektedir. Örneğin *Glomus* sp. mikorizal fungusu ile aşılı soğan (*Allium cepa*) bitkisinde beyaz çürüklük (*Sclerotium cepivorum*)'nin hastalık artışı 2 hafta ertelenmiştir. Ayrıca kontrol bitkilerine oranla mikorizalı bitkilerde hastalık etmenine karşı 3 ay kadar koruma sağlanmıştır [89]. Yine *Glomus mosseae* tarafından kolonize edilmiş veya edilmemiş domates bitkilerinin yaprakları bağ alanlarında da hastalık oluşturan *Botrytis cinerea* patojenine etkili olmaktadır. Yapılan çalışmalarda kontrol bitkilerinde (% 60.3) mikorizal bitkilere (% 37.5) oranla daha yüksek bir hastalık indeksi bildirilmektedir [90].

Yaprakta simptom oluşturan patojenlerde ise uyarılmış sistemik dayanıklılıkta etkili olmaktadır. Burada arbuskular mikorizal fungusların bazı türleri ve bazı bitki gelişim düzenleyici bakteri türlerinin de bir arada bulunması mücadelede etkinliği arttırmaktadır. *In-vivo* ve *in-vitro* etki çalışmalarında da bu iki mikroorganizma ümitvar sonuçlar vermektedir. Örneğin mikoriza aşılansmış domates bitkilerinde *Alternaria solani* patojenine karşı rizobakteriler de uyarılmış sistemik dayanıklılığı başlatmaktadır. Özellikle *Bacillus* türleri ve arbusküler mikoriza uygulamalarıyla çilek, mısır gibi birçok bitkide külleme, kök çürüklüğü gibi hastalık etmenlerinin baskılandığı belirtilmektedir [91-92]. Yine mikorizalar stolbur ve fitoplazma hastalıklarının da şiddetinin azalmasına neden olmaktadır.

Pisolithus tinctorius ektomikorizal fungusu gibi bazı mikorizalar bitki kökü etrafında bir patojenin girişini veya yayılmasını engelleyen farklı kalınlıklarda manto benzeri mantar örtüsü oluşturarak patojen girişine engel olmaktadır. Benzer şekilde *Thelephora terrestris* ve *P. tinctorius* fungusları *Pinus echinata* bitkisinin kök bölgesinde oluşturduğu manto ile bitkiyi *Phytophthora cinnemoni* patojeninin enfeksiyonundan korumaktadır [93].

Leucopaxillus cerealis var. *piceina* ve *Suillus kyteus* gibi bazı funguslar ise antiviral, antibakteriyel ve antifungal salgılar üreterek patojenleri baskılamaktadır. Örneğin

Leucopaxillus cerealis var. *piceina* birçok kültür bitkisinde patojenik olan *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Sclerotium bataticola*, *Cylindrocladium scoparium* hastalık etmenlerinin enfeksiyonlarını engellemektedir. *Pisolithus tinctorius*, *Amanita rubescens*, *Boletus variegatus*, *Hebeloma sarcophyllum* gibi bazı mikorizalar etanol, izoamilalkol, izobütanol, izobütrik asit gibi organik bileşenler üreterek *Phytophthora cinnamomi*, *Rhizoctonia undulata* dahil olmak üzere birçok patojeni özellikle de kök çürüklüğü etmenlerini baskılamaktadır [94].

Mikorizal birliktelikte, funguslar bitki kökünden karbonhidrat alarak sakkaroz manitol, sorbitol vb. gibi daha az çözünür şekerlere dönüştürmektedir. *Pythium* ve *Fusarium* gibi etmenler ise çimlenme ve gelişim için bu maddelere ihtiyaç duymaktadır ancak kullanabileceği formda yeter miktarda bulamayacağından gelişemeyip bitkide enfeksiyon yapamamaktadır.

Mikorizal funguslar rizobakteriler ile kullanıldıklarında hastalık kontrolünde etkinlikleri daha da artmaktadır. Bazı mikoriza türlerinin sporları rizobakterilere konukçuluk etmektedir. Örneğin *Gigaspora margarita* mikorizal fungusunun sporları *Bacillus thuringiensis* ve *Paenibacillus rhizosphaerae* bakterilerine konukçuluk etmektedir ve bu bakteriler *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, *Rosellinia necatrix*, *Rhizoctonia solani* ve *Pythium ultimum* patojenlerine antagonistik etki göstermektedir [95]. Bununla birlikte arbusküler mikorizal mantarlar, çeşitli besin kaynakları salgılanmasını teşvik ederek rizobakterilerin büyümesini uyarmaktadır. *Glomus fasciculatum* tarafından kolonize edilen domates köklerinden salgılanan eksüdatların, kolonize olmayan köklerden toplananlara göre *Azotobacter chroococcum* ve *Pseudomonas fluorescens*'i daha güçlü bir şekilde cezbediği ve bakterilerin çoğaldığı tespit edilmiştir [96].

Bunun yanı sıra rizobakteriler bitkide kök hücre geçirgenliğini, besin elementi ve su alımını iyileştirmekte ve dolayısıyla iyi gelişim gösteren bitkilerde mikorizal simbiyoz daha kuvvetli olmaktadır. Olası mekanizma artan kök hücre geçirgenliğidir. Bakteri ile ilişki halinde bulunan mikorizal funguslar aynı zamanda bakterilerin uygun olmayan yaşam koşullarında hayatta kalmalarını sağlamaktadır [97].

Rizobakteriler mikorizaların gelişimini ve kültür bitkisinde kolonizasyonunu da arttırmaktadır. *Bacillus pabuli* bakterisi *Glomus clarum* fungusunun gelişimini ve spor çimlenmesini teşvik ederken, *Paenibacillus validus* ise *Glomus intraradices* fungusunun gelişimini arttırmaktadır [98].

Bağ alanlarında da hastalık ve zararlıların mücadelesinde mikorizaların etkinliğini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Hastalık mücadelesinde mikorizaların kullanılması ile ilgili yapılan bazı çalışmaların sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Mikorizal fungusların bağ alanlarında görülebilen bazı hastalık etmenleri üzerindeki etkileri

Üzüm çeşitleri	Hastalık etmeni	Mikorizal fungus	Etkinliği	Referans
5C 101-14 Schwarzmann	Karabacak (<i>Dactylonectria</i> spp.)	<i>Funneliformis</i> sp. <i>Glomus</i> sp. <i>Ambispora</i> sp.	Hastalık şiddetinde % 40- 50 azalma	[99]
<i>Vitis rupestris</i>	Karaabacak (<i>Cylindrocarpon</i> <i>macrodidymum</i>)	<i>Glomus</i> <i>intraradices</i>	Hastalık gelişiminde azalma	[100]

110 Richter	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Glomus intraradices</i> (BEG 72)	Hastalık gelişiminde azalma, bitkide hastalığa tolerans oluşması ve gelişim artışı	[101]
SO4 110 Richter	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>herbemontis</i>	<i>Rhizophagus irregularis</i>	Hastalık belirtilerinde azalma	[102]
SO4	<i>Grapevine fanleaf virus</i>	<i>Rhizophagus intraradices</i>	Vektör <i>Xiphinema index</i> nematodunun populasyonunda azalma nedeniyle virüs bulaşan bitki sayısında azalma	[103]
5C	<i>Pseudomonas</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Hastalık şiddetinde azalma	[104]
Verdicchio	ESCA	<i>Rhizophagus irregularis</i> ve <i>Funneliformis mosseae</i>	Mikorizal fungus gelişiminde artış	[105]

Mikorizal fungusların nematod mücadelesinde etkinliği ve bağıcılıkta yapılan uygulamalar

Mikorizal funguslar farklı şekillerde nematodları baskılamaktadır. Bunlar arasında bitkide besin elementi miktarında artış, enfeksiyon başlangıç yeri için rekabet, kök yapısında morfolojik ve biyokimyasal değişimler, bitkilerde nematod saldırısına karşı savunma mekanizması gelişmesi sayılabilmektedir.

Funguslar bitkinin kökten su, besin elementi ve özellikle de P ve N alımını arttırmaktadır. Besin elementi içeriği yüksek kuvvetli gelişen bitkiler ise bitki paraziti nematodların saldırısına daha dayanıklı olmaktadır. Ancak besin elementi artışında mikorizal fungusların rolünün nematodlara etkisi henüz açıklanamamaktadır. Yalnız besin elementi içeriği yüksek olan pamuk bitkisinin köklerinde *Rotylenchulus reniformis* nematod populasyonu daha düşük bulunmaktadır. Diğer besin elementleri ise nematod populasyonuna farklı etki göstermektedir. Çeltikte Mg besin elementi içeriği ile nematod sayısı arasındaki ilişki incelendiğinde *Helicotylenchus* spp. populasyonu ile arasında pozitif korelasyon olduğu, *Pratylenchus zea* nematodunun Zn ve Fe elementleri ile *Meloidogyne incognita* nematodunun Mg ve Ca elementleri ile arasında negatif korelasyon olduğu bildirilmektedir [106].

Mikorizal bitkilerde gözlenen artan kök dallanmasının nematod populasyonuna da etkili olduğu düşünülmektedir. Mikoriza aşılansın bitkilerde daha yüksek besin alım kapasitesi nedeniyle kök yaş ağırlığındaki artışın nematod zararı sonucu kökte meydana gelen zararı dengeleyebileceği bildirilmektedir. Örneğin, muzda endoparazitik nematodlar *Radopholus similis* ve *Pratylenchus coffeae*'nin kökte meydana getirdiği azalma arbusküler mikoriza fungusu *Funneliformis mosseae* kolonizasyon nedeniyle kökte artan dallanma ile dengelenmiştir [107].

Mikoriza varlığında bitki gelişimindeki artış da nematod popülasyonunu oldukça etkilemektedir. *Scutellospora heterogama* arbusküler mikoriza fungusu aşılansmış bitkilerde bitki gelişimde artış olduğu ve bu koşullarda kuvvetli gelişen bitkilerde kök ur nematodu *Meloidogyne incognita*'ya karşı bitkide tolerans geliştiğinden bahsedilmektedir. Özellikle kök bölgesine nematod bulaşmadan önce mikoriza kolonize olursa nematod popülasyon artışının çok düşük olduğu ve kökte önemli oranda zarar meydana gelmediği bildirilmektedir [108].

Arbusküler mikoriza fungusları ile kolonizasyon kitinase gibi enzim aktivitelerini de etkilemektedir ve bu enzimlerin bitkilerin stress ve patojenlere karşı toleransında rol oynadığı bilinmektedir. Kitinaz aktivitesi stres altında olmayan bitkilerde düşük olurken mikoriza aşılansmış bitkilerde yüksek çıkmaktadır. Yonca bitkisinde fide erken gelişim döneminde *Glomus intraradices* kolonizasyonu durumunda bitkide kitinaz aktivitesi oldukça yüksek olurken hasat dönemine yakın azalmaktadır. Kitinaz aktivitesindeki artışın ise birçok bitkide nematoda dayanıklılık gelişmesinde rol oynadığı bildirilmektedir. *G. versiforme* fungusu aşılansmış asmalarda kök ur nematodu *Meloidogyne incognita* bulaşıklığında Kitinaz III geni aktif hale gelmektedir ve bu genin dayanıklılıkta görev aldığı bildirilmektedir. Bu koşullar altında kök ur nematodu dışı bireylerinde yumurta üretimi azalmakta ve kitin içeren yumurtalar da canlılığını koruyamamaktadır [109].

Bitki paraziti nematodlar ile mikorizal funguslar arasında pozitif ve negatif ilişki bulunmaktadır. Bu ilişkide konukçu bitki de belirleyici olmaktadır. Bazı nematod türleri fungus gelişimini teşvik ederken bazıları engellemektedir. Aynı türden nematodlar farklı konukçu bitkilerde fungus gelişimini farklı etkilemektedir. *Heterodera solanacearum* nematodu ile bulaşık tütünlerde nematodun *Endogone gigantea* fungusunun spor gelişimini % 68 oranında azalttığı, *Radophulus similis* nematodunun limonda *Glomus etunicatus* fungusunun spor üretiminde azalmaya neden olduğu, *Scutellonema cavenessi* nematodunun soya bitkisinde *Glomus mosseae* sporulasyonunun % 32 oranında azalttığı, *Meloidogyne arenaria* nematodunun da *Glomus fasciculatum* fungusunun spor üretimini düşürdüğü bildirilmektedir [110].

Yukarıdaki örneklerin aksine *Meloidogyne incognita* nematodu ise domates ve pamuk bitkilerinde *Glomus fasciculatum* ve *Gigaspora margarita* funguslarının spor üretimini arttırmaktadır. *M. incognita* nematodunun *Glomus macrocarpus*, *Glomus margarita* ve *Glomus etunicatus* sporulasyonuna ise soya fasulyesi ve şeftali bitkilerinde herhangi bir etkisi bildirilmemektedir. *Pratylenchus penetrans* ve *Rotylenchulus reniformis* nematodlarının ise sırasıyla fasulye ve pamukta *Glomus fasciculatum* ve *Glomus mosseae* sporulasyonunu olumsuz etkilediği belirtilmektedir [110].

Benzer şekilde, bazı nematod türleri de mikorizal mantarlar üzerinde beslenebilmektedir. *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Bursaphelenchus* ve *Ditylenchus* cinslerindeki nematod türleri mikofagtır ve fungus gelişimini azaltabilmektedir. Örneğin *Aphelenchus cibolensis* nematodu invitro koşullarda 53 farklı ektomikorizal fungus türü ile beslenebilmektedir. Bağ alanlarında da yaygın bulunan *Aphelenchus avenae* nematodu ise pamukta *Glomus etunicatum* ve *Gigaspora margarita* sporulasyonu üzerine etki göstermezken soya bitkisinde ise *Glomus sp.* nin spor üretimini azaltmaktadır. Başka bir örnek olarak bezelyede ise *Heterodera cajani* nematodu ile bulaşıklık durumunda *Glomus fasciculatum* ve *Glomus epigeum* fungal gelişimi engellenmektedir [111].

Bazı mikorizal funguslar nematod popülasyonunu baskılamada oldukça etkili olarak bildirilmektedir. Domateste *Glomus intraradices* fungusu *Naccobus aberrans* nematodunun çoğalması üzerine etki ederek popülasyonunu azaltmakta ve dolayısıyla bitki köklerinde ur oluşumuna bağlı zarar oranı daha az olmaktadır [112]. *Glomus mosseae* ve *Glomus aggregatum* aşılansmış muz bitkisinde *Rotylenchus goodeyi* nematoduna karşı dayanıklılık geliştiği, nematod popülasyonunun azaldığı ve kökte zararın düşük olduğu bildirilmektedir [113]. Benzer şekilde havuç bitkisinde de *G. intraradices* kolonizasyonu sonrası *Pratylenchus coffeae* nematoduna

dayanıklılık gelişmektedir [114]. Tatlı patatestede ise mikoriza aşılama sonrası *Criconebella* spp., *Rotylenchus reniformis*, *Tylenchorrhynchus* spp. nematodlarına karşı tolerans geliştiği belirtilmektedir [115].

Kırmızı zencefil bitkisinde de *Gigaspora albida*, *Claroideoglossum etunicatum*, *Acaulospora longula* mikorizal simbiyozu sonrasında *Meloidogyne arenaria* nematoduna karşı bitkide tolerans gelişmiş, nematod kaynaklı kökte urlanma oldukça azalmıştır [116]. Mikorizal funguslar ve nematodlar ile farklı bitkilerde yapılan çalışmalar ve sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Bağ alanlarında zararlı nematod türlerinden biri olan *Mesocriconebella xenoplax* asma köklerinde arbusküler mikorizal fungus kolonizasyonunun % 5-65 azaltmaktadır. Yine Arbusküler mikorizal fungus *Glomus macrocarpus* Thompson Seedless üzüm çeşidinde *Rotylenchulus reniformis* nematodunun gelişimi ve üremesini azaltırken nematod varlığında fungus sporulasyonu % 25 artmaktadır., *Meloidogyne incognita* ve *Tylenchulus semipenetrans* ile bulaşık topraklarda ise *G. macrocarpus* fungus spor üretiminde sırasıyla % 63 ve % 73 düşüş meydana gelmektedir. Bununla birlikte bu fungus hem *M. incognita* hem de *R. reniformis* birey sayısını % 40 ve *T. semipenetrans*'ın sayısını ise % 50 azaltmıştır. Ayrıca asma köklerinde nematod zararı ve urlanmada da gözlemlenebilir oranda düşüş gözlemlenmiştir [117].

Thompson seedless üzüm çeşidinde *Glomus fasciculatum* fungusunun kök bölgesinde varlığında *Meloidogyne arenaria* nematodunun popülasyonu en yüksek olarak sayılmıştır [118].

Bazı üzüm çeşitlerinde ise mikorizalar nematoda karşı dayanıklılık artışına neden olmaktadır. Asmanın (*Vitis amurensis* Rupr.) arbusküler mikorizal fungus türlerinden biri olan *Glomus versiforme* ile aşılama, kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita*'ya karşı dayanıklılığı önemli ölçüde artırmaktadır [109]. Yine SO4 asma anacında *Glomus intraradices* BEG141 aşılama sonrasında Kitinaz 1b gibi bazı dayanıklılık genleri aktive olmakta ve bunun sonucunda *Xiphinema index* nematoduna karşı uyarılmış dayanıklılık gelişmektedir [79].

Çizelge 4. Mikorizal funguslar ve nematodlar arasındaki interaksiyonun belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalar ve sonuçları

Bitki	Nematod türü	Denenen mikorizal fungus türü	Etkinliği	Referans
Tütün	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Endogone mosseae</i>	Nematod popülasyonu üzerine antagonistik etki	[119]
Domates	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Glomus mosseae</i>	Nematod üremesini engelleme	
Nohut	<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Glomus manihotis</i> , <i>Gigaspora margarita</i> , <i>Gigaspora gigantea</i>	Nematod üremesini engelleme	
Biber	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Glomus mosseae</i> , <i>Acaulospora laevis</i> , <i>Glomus fasciculatum</i> , <i>Gigaspora margarita</i>	Nematod üremesini engelleme	
Fasulye	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Glomus etunicatum</i>	Nematod üremesini engellenme	
Turunçgiller	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	<i>Glomus mosseae</i>	Nematod zararında azalma	
Turunçgiller	<i>Radophulus citrophilus</i>	<i>Glomus intrardices</i>	Nematod popülasyonunda azalma	
Çam	<i>Helicotylenchus digonicus</i>	<i>Suillus lutteus</i>	Nematod popülasyonunda artış	
Soğan	<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Glomus fasciculatum</i>	Etkisi yok	
Pamuk	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Gigaspora margarita</i>	Etkisi yok	
Soya	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Gigaspora heterogama</i> , <i>Glomus macrocarpum</i> , <i>Endogone calospora</i>	Nematod popülasyonunda artış	
Elma	<i>Pratylenchus penetrans</i>	<i>Acaulospora longula</i> , <i>Claroideoglomus claroideum</i>	Nematod popülasyonunda % 50 azalma	[120]
Ayva	<i>Pratylenchus vulnus</i>	<i>Glomus intrardices</i>	Bitki gelişimini iyileştirerek nematoda tolerans artırma	[121]
Mısır	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Rhizophagus clarus</i> , <i>Claroideoglomus etunicatum</i> , <i>Gigaspora rosea</i> , <i>Glomus margarita</i> , <i>Scutellospora calospora</i> , <i>Scutellospora heterogama</i>	<i>Rhizophagus clarus</i> hariç tüm fungusların gelişiminde nematod bulaştırıldıktan sonra artış	[122]
Kahve	<i>Pratylenchus coffeae</i>	<i>Acaulospora mellea</i> <i>Glomus clarum</i>	Nematod bulaştırmadan 4 ay önce bitkilere mikoriza aşılandığında nematoda dayanıklılık gelişimi	[123]

Mikorizal fungusların yabancı ot mücadelesinde etkinliği ve bağıcılıkta yapılan uygulamalar

Mikorizal funguslar mikorizal olmayan familyalara ait birçok yabancı otun büyümesini doğrudan baskılayarak veya hem mikorizal hem de mikorizal olmayan yabancı otların zararına karşı kültür bitkilerinin rekabet gücünü artırarak dolaylı olarak yabancı ot mücadelesinde etkili olmaktadır.

Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Polygonaceae and Brassicaceae familyalarındaki yabancı otlar mikorizal değildir ve birçok çalışmada bu yabancı otlara karşı mikorizal fungusların etkili olduğu bildirilmektedir. Örneğin *Glomus intraradices* mikorizal fungusu varlığında *Stellaria media* yabancı otunun büyümesi ve biyokütlesinde sekiz kat azalma meydana gelmektedir. *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae* ve *Glomus claroideum* fungusları ise *Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis* ve *Solanum nigrum* yabancı otlarının gelişimini engellemektedir [124]. Yine Arbusküler mikorizal funguslar *Amaranthus retroflexus* L. yabancı otunun biyokütlesinde % 90, *Chenopodium album* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Rumex obtusifolium* L., *Portulaca oleracea* L., *Brassica kaber* (DC) L C Wheeler yabancı otlarının biyokütlesinde ise % 60 kadar azalmaya neden olmaktadır [125].

Glomus mosseae, *Glomus coronatum*, *Glomus intraradices* arbusküler fungusları ve ayçiçeği bitkisi ile yapılan çalışmalarda *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Digitaria sanguinalis* L., *Echinochloa crus-galli* L., *Setaria viridis* L., *Sinapis arvensis* L. yabancı otlarının gelişimleri de fungus uygulamasından etkilenmektedir. Mikorizal olmayan *Sinapis arvensis*, *Amaranthus retroflexus* ve *Chenopodium album* bitkilerinde mikoriza kolonizasyonu % 4.2, % 15.1% ve % 2.6 gibi çok düşük değerlerde tespit edilmiştir. Özellikle *Echinochloa crus-galli* ve *Chenopodium album* bitkilerinde biyokütlerde mikoriza nedeniyle biyokütlerde ciddi oranda azalma görülmüştür. Ayçiçeği ve mikoriza birlikteliğinde yetiştirilen *Chenopodium album* ve *Echinochloa crus-galli*'nin sürgün kuru ağırlığı, mikorizasız uygulamaya oranla sırasıyla % 66 ve % 59 oranında daha düşük olurken, ayçiçeği ekilmeden yapılan çalışmada ise % 37 ve % 32'lik bir azalma gözlemlenmiştir [126].

Mikorizaların konukçusu olan yabancı otlar ise fungus gelişimini teşvik edebilmektedir. Asma bitkisinde *Plantago lanceolata* L. ve *Tanacetum cinerariifolium* (Trevir.) Sch.Bip yabancı otları ile mikorizal funguslarla yapılan çalışmalarda fungus misel gelişimi ve sporulasyonunda artış görülmüştür [127]

Mikorizal funguslar (*Glomus* spp.) *Amaranthus retroflexus* L., *Stellaria media* L., *Mollugo verticillata* L. gibi bazı yabancı otların tohumlarında da bulunabilmektedir [128].

Bununla birlikte özellikle bağ alanlarında yabancı ot mücadelesinde kullanılan bazı herbisitlerdeki flazasulfuron, glufosinate, glyphosate etken maddelerin mikoriza kolonizasyonunda % 53 oranında düşüşe neden olduğu bildirilmektedir [13].

SONUÇ

Bitki paraziti nematodlar toprakta birçok mikroorganizma ile antagonistik ilişki halinde bulunmaktadır. Bunlardan biri arbusküler mikorizal funguslardır. Bunlar besin rekabeti, toksin, antibiyotik ya da ezim gibi bileşenler salgılamak, bitkide nematoda karşı dayanıklılığı uyarmak ve bitki gelişimini arttırmak gibi etki mekanizmaları ile nematodları baskılayabilmektedirler. Bu antagonistik ilişki baz alınarak yapılan biyolojik mücadele, son yıllarda nematodlara karşı yoğun olarak çalışılan alternatif mücadele yöntemlerinin başında gelmektedir. Biyolojik mücadelede doğal düşmanların kullanımı

birçok ülkede organik tarım yapılan alanlarda öncelikli olarak metotlara karşı kullanılmaktadır. Uzun sürede ve yavaş yavaş etki gösteren bu yöntem özellikle nematod popülasyonu düşük olduğu için kimyasal mücadele maliyeti göz önünde bulundurularak ilaçlama yapılmayan alanlarda mevcut nematod popülasyonunu baskılamada iyi sonuçlar vermektedir.

YAZAR KATKISI

Bu makalenin oluşturulmasında LÖ ve NS bağıcılık ve nematodlara etkinlik kısımlarının, BS ise yabancı ot kısmının literatür taramasını gerçekleştirmiş ve yazmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] OIV, (2018): Statistical Data for World Vitiviniculture.
- [2] Alleweldt, G., Spiegel-Roy, P., Reisch, B. (1990): Grapes (Vitis). In: J. N. Moore And J. R. Ballington (Eds.): Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops. Acta Hortic, 290: 291-337. 7.
- [3] Nyczepir, A.P. and J.O. Becker, (1998): Fruit and Citrus Trees. In: Plant and Nematode Interactions, Ch. 26. pp. 637-684.
- [4] Nayba, N., Javed, S. A., Khan, Z. Ullah and Khan, H.U. (2012): Estimation and Prevalence of Plant Parasitic Nematodes Associated with Twelve Fruit Trees in Pakistan. Pakistan Journal of Phytopathology, 24: 63-68.
- [5] Bello, A., M. Arias, J. A. López-Pérez, A. Garcia-Álvarez, J. Fresno, M. Escuer, S. C. Arcos, A. Lacasa, R. Sanz, P. Gómez, M. A. Diez-Rojo, A. Piedra Buena, C. Gortia, J. L. De La Horra, Martinez, C. (2004): Biofumigation, Fallow, and Nematode Management in Vineyard Replant. Nematropica, 34: 53-64.
- [6] Bahadur, A. (2021): Nematodes Diseases of Fruits and Vegetables Crops in India. In C. Cristiano, & T. E. Kaspary (Eds.), Nematodes - Recent Advances, Management and New Perspectives. IntechOpen, <https://doi.org/10.5772/intechopen.98850>.
- [7] Sanguaneko, P., Leon, R., Malone, J. (2009): Impact of Weed Management Practices on Grapevine Growth and Yield Components. Weed Science, 57. 103-107. 10.1614/WS-08-100.1.
- [8] Byrne, M. E., Howell, G. S. (1978): Initial Response of Baco Noir Grapevines to Pruning Severity, Sucker Removal, and Weed Control. Amer. J. Enol. Viticult., 29: 192-198.
- [9] Kumar, S., Bhowmick, M., Ray, P. (2021): Weeds as Alternate and Alternative Hosts of Crop Pests. Indian Journal of Weed Science, 53: 14-29. 10.5958/0974-8164.2021.00002.2.
- [10] Izadpanah, K., Zaki-aghl, M., Zhang, Y. P., Daubert, S. D., and Rowhani, A., (2003): Bermuda Grass as A Potential Reservoir Host for *Grapevine Fanleaf Virus*. Plant Dis, 87: 1179-1182.
- [11] Murrant, A. F., Taylor, C. E. (1965): Treatment of Soil with Chemicals to Prevent Transmission of *Tomato Black Ring* and *Raspberry Ringspot Viruses* by *Longidorus elongatus* (de Man). Annals of Applied Biology, 55: 227-237.
- [12] Ulukapı, K., Şener, S. (2017): Antalya İlinin Organik Bitkisel Üretim Potansiyelinin Dünya ve Türkiye ile Kıyaslanması ve Gelişmesine Yönelik Öneriler . Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi , Cilt:6 ICAFOF Özel Sayı, 271-279 . DOI:
- [13] Zaller, J. G., Cantelmo, C., Santos, G. D., Muther, S., Gruber, E., Pallua, P., Mandl, K., Friedrich, B., Hofstetter, I., Schmuckenschlager, B., Faber, F. (2018): Herbicides in Vineyards Reduce Grapevine Root Mycorrhization and Alter Soil

- Microorganisms and The Nutrient Composition in Grapevine Roots, Leaves, Xylem Sap and Grape Juice. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(23): 23215-23226. doi: 10.1007/s11356-018-2422-3. Epub. PMID: 29862481; PMCID: PMC6096560.
- [14] Schouteden, N., De Waele, D., Panis, B., Vos, C. M. (2015): Arbuscular Mycorrhizal Fungi for The Biocontrol of Plant-Parasitic Nematodes: A Review of The Mechanisms Involved. *Frontiers in Microbiology*, 6: 1280. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01280>.
- [15] Jansa, J., Treseder, K. K. (2017): Introduction. *Mycorrhizal Mediation of Soil*, 343-355. doi:10.1016/b978-0-12-804312-7.00019-x.
- [16] Pepe, A., Giovannetti, M., & Sbrana, C. (2018): Lifespan and Functionality of Mycorrhizal Fungal Mycelium are Uncoupled from Host Plant Lifespan., *Scientific reports*, 8(1): 1-10.
- [17] Smith, S. E., Read, D. (2008): *Mycorrhizas in Agriculture, Horticulture and Forestry. Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)*, Academic Press, London, ISBN: 978-0-12-370526-6, 611-XVIII.
- [18] Johnson, N. C., Gehring, C. A. (2007): Mycorrhizas: Symbiotic Mediators of Rhizosphere and Ecosystem Processes. *The Rhizosphere*, 73-100. doi:10.1016/b978-0-12088775-0/50006-9
- [19] Rinaldi, A., Comandini, O., Kuyper, T. (2008): Ectomycorrhizal Fungal Diversity: Separating The Wheat from The Chaff. *Fungal Diversity*, 33.
- [20] HacsKaylo, E. (1972): Mycorrhiza: The Ultimate in Reciprocal Parasitism?, *BioScience*, 22(10): 577-583, <https://doi.org/10.2307/1296203>
- [21] Blasius, D., Feil, W., Kottke, I., Oberwinkler, F. (2008): Hartig Net Formation in Fully Ensheated Ectomycorrhizas. *Nordic Journal of Botany*, 6: 837-842. 10.1111/j.1756-1051.1986.tb00487.x.
- [22] Marschner, H. (2012): *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Vol. 89, Academic Press, London, 651. <https://www.elsevier.com/books/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants/marschner/978-0-12-384905-2>.
- [23] Kibar, B., Pekşen, A. (2007): Ektomikorizanın Tarım ve Ormancılık Bakımından Önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2): 232-238. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/omuanajas/issue/20227/214345>.
- [24] Den Bakker, H. C., Zuccarello, G. C., Kuyper, T. W., & Noordeloos, M. E. (2004): Evolution and Host Specificity in The Ectomycorrhizal Genus *Leccinum*. *New Phytologist*, 163(1), 201–215. doi:10.1111/j.1469-8137.2004.01090.x
- [25] Holátko, J., Brtnický, M., Kučerík, J., Kotianová, M., Elbl, J., Kintl, A., Kynický, J., Benada, O., Datta, R., Jansa, J. (2021): Glomalın – Truths, myths, and The Future of This Elusive Soil Glycoprotein. *Soil Biol Biochem* 153:108116
- [26] Selosse, M. A., Roy, M. (2009): Green Plants That Feed on Fungi: Facts and Questions About Mixotrophy. *Trends in Plant Science*, 14: 64-70.
- [27] Kristiansen, K. A., Taylor, D. L., Kjølner, R., Rasmussen, H., Rosendahl, S. (2001): Identification of Mycorrhizal Fungi from Single Pelotons of *Dactylorhiza majalis* (Orchidaceae) Using Single-Strand Conformation Polymorphism and Mitochondrial Ribosomal Large Subunit DNA Sequences. *Molecular Ecology*, 10. 2089-93. 10.1046/j.0962-1083.2001.01324.x.
- [28] Huey, C., Uda, M., Zulhaimi, H., Jaafar, M. N., Kasim, F., Yaakub, A. (2020): Mycorrhiza: A Natural Resource Assists Plant Growth Under Varied Soil Conditions. *3 Biotech*, 10. 10.1007/s13205-020-02188-3.

- [29] Bonfante, P., Genre, A. (2008): Plants and Arbuscular Mycorrhizal Fungi: An Evolutionary-Developmental Perspective. *Trends Plant Sci*, 13(9): 492-8. doi: 10.1016/j.tplants.2008.07.001. Epub. PMID: 18701339.
- [30] Giovannini, L., Palla, M., Agnolucci, M., Avio, L., Sbrana, C., Turrini, A., Giovannetti, M. (2020): Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Microbiota as Plant Biostimulants: Research Strategies for the Selection of the Best Performing Inocula. *Agronomy*, 10, 106. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010106>.
- [31] Walker, C., Gollotte, A., Redecker, D. (2018): A New Genus, *Planticonsortium* (Mucoromycotina), and New Combination (*P. tenue*), for The Fine Root Endophyte, *Glomus tenue* (basionym *Rhizophagus tenuis*). *Mycorrhiza*, 28: 213-219.
- [32] Stürmer, S. L., Bever, J. D., Morton J. B. (2018): Biogeography of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Glomeromycota): A Phylogenetic Perspective on Species Distribution Patterns. *Mycorrhiza*, 28: 587-603.
- [33] Douds, D.D. and Millner, P.D. (1999): Biodiversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74: 77-93. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00031-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00031-6).
- [34] Wang, B., Qiu, Y. L. (2006): Phylogenetic Distribution and Evolution of Mycorrhizas in Land Plants. *Mycorrhiza*, 16: 299-363. 10.1007/s00572-005-0033-6.
- [35] Kennedy, A. C., de Luna, L. Z. (2005): Rhizosphere. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 399-406. doi:10.1016/b0-12-348530-4/00163-6.
- [36] Wang, Y., He, X., Yu, F. (2021): Non-host Plants: Are They Mycorrhizal Networks Players? *Plant Diversity*, doi:10.1016/j.pld.2021.06.005.
- [37] Rillig, M.C. and Mummey, D.L. (2006), Mycorrhizas and Soil Structure. *New Phytologist*, 171: 41-53. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x>
- [38] Valentine, A., Mortimer, P., Lintnaar, M. Borgo, R. (2006). Drought Responses of Arbuscular Mycorrhizal Grapevines. *Symbiosis*, 41: 127-133.
- [39] Almaca, A. (2015): Tarımsal Üretimde Mikorizanın Önemi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18 (2): 56-65.
- [40] Palta, Ş., Demir, S., Şengönül, K., Kara, Ö., Şensoy, H. (2010): Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF) Bitki ve Toprakla İlişkileri, Mera Islahındaki Önemleri. *Bartın Orman Fak. Der.*, 12(18): 87-98.
- [41] Trouvelot, S., Bonneau, L., Redecker, D., van Tuinen, D., Adrian, M., Wipf, D. (2015): Arbuscular Mycorrhiza Symbiosis in Viticulture: A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35. 10.1007/s13593-015-0329-7.
- [42] Sosa-Hernández, M. A., Leifheit, E. F., Ingrassia, R. and Rillig, M. C. (2019): Subsoil Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Sustainability and Climate-Smart Agriculture: A Solution Right Under Our Feet? *Front. Microbiol*, 10: 744. doi: 10.3389/fmicb.2019.00744.
- [43] Torres, N., Hilbert, G., Antolín, M. C., & Goicoechea, N. (2019): Aminoacids and Flavonoids Profiling in Tempranillo Berries Can Be Modulated by the Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Plants (Basel, Switzerland)*, 8(10): 400. <https://doi.org/10.3390/plants8100400>
- [44] Burri, K., Gromke, C., Graf, F. (2011): Mycorrhizal Fungi Protect The Soil From Wind Erosion: A Wind Tunnel Study. *Land Degradation & Development*, 24(4): 385-392. doi:10.1002/ldr.1136.

- [45] Linderman, R. G. & Davis, E. A. (2001): Comparative Response of Selected Grapevine Rootstocks and Cultivars to Inoculation with Different Mycorrhizal Fungi. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52: 8-11.
- [46] Karagiannidis, N., Nikolaou, N. (1999): Arbuscular Mycorrhizal Root Infection As An Important Factor of Grapevine Nutrition Status. *Multivariate Analysis Application For Evaluation And Characterization of The Soil And Leaf Parameters. Agrochimica*, 43: 151-165.
- [47] Schellenbaum, L., Berta, G., Ravolanirina, F., Tisserant, B., Gianmazzi, S., Fitter, A. H. (1991): Influence of Endomycorrhizal Infection on Root Morphology in a Micropropagated Woody Plant Species (*Vitis vinifera* L.). *Annals of Botany*, 68(2): 135-141. doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a088231.
- [48] Özdemir, G., Akpınar, C., Sabir, A., Bilir, H., Tangolar, S., Ortas, I. (2010): Effect of Inoculation with Mycorrhizal Fungi on Growth and Nutrient Uptake of Grapevine Genotypes (*Vitis* spp.). *European Journal of Horticultural Science*, 75: 103-110.
- [49] Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Zhang, L. (2019): Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10.
- [50] Hashem, A., Alqarawi, A. A., Radhakrishnan, R., Al-Arjani, A. F., Aldehaish, H. A., Egamberdieva, D., et al. (2018): Arbuscular Mycorrhizal Fungi Regulate The Oxidative System, Hormones and Ionic Equilibrium to Trigger Salt Stress Tolerance in *Cucumis sativus* L. *Saudi J. Biol. Sci.*, 25 (6): 1102–1114. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.03.009.
- [51] Zhu, X. C., Song, F. B., Xu, H. W. (2010): Arbuscular Mycorrhizae Improves Low Temperature Stress in Maize via Alterations in Host Water Status and Photosynthesis. *Plant Soil*, 331: 129-137.
- [52] Abdel Latef, A. A., Chaoxing, H. (2011): Arbuscular Mycorrhizal Influence on Growth, Photosynthetic Pigments, Osmotic Adjustment and Oxidative Stress in Tomato Plants Subjected to Low Temperature Stress. *Acta Physiol. Plant.*, 33: 1217-1225.
- [53] Bavaresco, L., Gatti, M., Zamboni, M. et al. (2010): Role of Artificial Mycorrhization on Iron Uptake in Calcareous Soils, on Stilbene Root Synthesis and in Other Physiological Processes in Grapevine. 33rd OIV World Congress of Vine and Wine. 8th General Assembly of The OIV, Tbilisi Georgia.
- [54] Tsvetkov, I., Dzhambazova, T., Kondakova, V., Batchvarova, R. (2014): Mycorrhizal Fungi *Glomus* spp. and *Trichoderma* spp. in Viticulture (review). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20: 849-855.
- [55] Aguilera, P., Ortiz, N., Becerra, N., Turrini, A., Gainza-Cortés, F., Silva-Flores, P., Aguilar-Paredes, A., Romero, J., Jorquera-Fontena, E., Mora, M. L., Borie, F. (2022): Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Vineyards: Water and Biotic Stress Under a Climate Change Scenario: New Challenge for Chilean Grapevine Crop. *Frontiers in Microbiology*. 13. 826571. 10.3389/fmicb.2022.826571.
- [56] Kloepper, J., Schroth, M.N. (1978): Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Radishes. IV International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. France, 2: 879-882.
- [57] Staddon, P. L., Heinemeyer, A., Fitter, A. H. (2002): Mycorrhizas and Global Environmental Change: Research At Different Scales. *Plant and Soil*, 244: 253- 261.

- [58] Gavito, M. E., P. A. Olsson, H. Rouhier, A. Medina-Penafiel, I. Jakobsen, A. Bago, and Azcon-Aguilar, C. (2005): Temperature Constraints on The Growth and Functioning of Root Organ Cultures With Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *New Phytologist*, 168: 179-188.
- [59] Abdel Motaleb, N. A., Abd Elhady, S. A., Ghoname, A. A (2020): Gesunde Pflanzen; *Dordrecht*, 72(1): 29-39. DOI:10.1007/s10343-019-00480-8
- [60] Yadav, R., Ror, P., Rathore, P., Kumar, S., Ramakrishna, W. (2021): *Bacillus subtilis* CP4, Isolated from Native Soil in Combination with Arbuscular Mycorrhizal Fungi Promotes Biofortification, Yield and Metabolite Production in Wheat Under Field Conditions. *J Appl Microbiol*, 131(1): 339-359. doi: 10.1111/jam.14951. Epub 2020 Dec 9. PMID: 33269514.
- [61] Ferrer, R. L., Přikryl, Z., Gryndler, M., Vančaarcura, V. (1989): Natural Occurrence of Vesicular-Arbuscular Fungi in Grape Vine and Apple Trees. *Developments in Soil Science*, 141-147. doi:10.1016/s0166-2481(08)70208-3.
- [62] Cheng, X., Baumgartner, K. (2004): Arbuscular Mycorrhizal Fungi-Mediated Nitrogen Transfer from Vineyard Cover Crops to Grapevines. *Biol Fertil Soils* 40:406–412. doi:10.1007/s00374-004-0797-4.
- [63] Schreiner, R. P., Mihara, K. L. (2009): The Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Amplified from Grapevine Roots (*Vitis vinifera* L.) in Oregon Vineyards is Seasonally Stable and Influenced by Soil and Vine Age. *Mycologia*, 101(5): 599-611. doi:10.3852/08-169.
- [64] Oehl, F., Koch, B. (2018). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in No-Till and Conventionally Tilled Vineyards. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 91. 10.5073/JABFQ.2018.091.008.
- [65] Bezerra, A., Betancur Agudelo, M., Meyer, E., Kemmelmeier, K., Stürmer, S., & Soares, C., Lovato, P., Silva, L. (2022): Occurrence and Richness of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Vineyards with Grapevine Decline and Dieback Symptoms. *Ciência Rural*. 52. 10.1590/0103-8478cr20210011.
- [66] Belew, D., Astatkie, T., Mokashi, M.N., Getachew, Y., Patil, C.P. (2010); Effects of Salinity and Mycorrhizal Inoculation (*Glomus fasciculatum*) on Growth Responses of Grape Rootstocks (*Vitis* spp.). *J. Enol. Vitic*, 31. 10.21548/31-2-1404.
- [67] Ramajayam, Devarajan. (2013): Mycorrhization Alleviates Salt Stress in Grape Rootstocks During *in vitro* Acclimatization. *Indian Journal of Horticulture*. 70. 26-32. Rillig, M.C. and Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and Soil Structure. *New Phytologist*, 171: 41-53.
- [68] Torres, N., Yu, R., Kurtural, S. K. (2021): Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation and Applied Water Amounts Modulate the Response of Young Grapevines to Mild Water Stress , 10.3389/fpls.2020.622209. PMID: 33519880; PMCID: PMC7840569.
- [69] Khalil, H. A. (2013): Influence of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus* spp.) on The Response of Grapevines Rootstocks to Salt Stress. *Asian J. Crop Sci*. 5, 393-404. 10.3923/ajcs.2013.393.404.
- [70] Upreti, K. K., Bhatt, R. M., Panneerselvam, P., Varalakshmi, L. R. (2016): Morphophysiological Responses of Grape Rootstock ‘Dogridge’ to Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation Under Salinity Stress. *Int. J. Plant Sci*, 16:191–209.
- [71] Nicolás, E., Maestre-Valero, J. F., Alarcón, J. J., Pedrero, F., Vicente-Sánchez, J., Bernabé, A., et al. (2015): Effectiveness and Persistence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on The Physiology, Nutrient Uptake and Yield of Crimson Seedless Grapevine. *J. Agric. Sci.*, 153: 1084-1096. 10.1017/S002185961400080X.

- [72] Karagiannidis, N., Nikolaou, N., Ipsilantis, I., Zioziou, E. (2007): Effects of Different N Fertilizers on The Activity of *Glomus mosseae* and On Grapevine Nutrition and Berry Composition. *Mycorrhiza*, 18: 43–50. [10.1007/s00572-007-0153-2](https://doi.org/10.1007/s00572-007-0153-2).
- [73] Nikolaou, N., Angelopoulos, K., Karagiannidis, N. (2003): Effects Of Drought Stress On Mycorrhizal And Non-Mycorrhizal Cabernet Sauvignon Grapevine, Grafted Onto Various Rootstocks. *Experimental Agriculture*, 39(3): 241-252.
- [74] Petgen, M., Schropp, A., George, E., Romheld, V. (1998): Influence of Different Inoculum Places of The Mycorrhizal Fungus *Glomus mosseae* on Mycorrhizal Colonization in Grapevine Rootstocks. (*Vitis* sp.). *Vitis*, 37: 99-105.
- [75] Luciani, E., Frioni, T., Tombesi, S., Farinelli, D., Gardi, T., Ricci, A., Palliotti, A. (2019): Effects of a new arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus iranicum*) on grapevine development. *BIO Web of Conferences*, 13-04018. [doi:10.1051/bioconf/20191304018](https://doi.org/10.1051/bioconf/20191304018).
- [76] Büttenbender, D., de Souza, P. V. D. (2021): Response of Grapevine Rootstocks to Inoculation by Arbuscular Mycorrhizal Fungi.
- [77] Camprubí, A., Estaún, V., Nogales, A. *et al.* (2008): Response of The Grapevine Rootstock Richter 110 to Inoculation with Native and Selected Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Growth Performance in A Replant Vineyard. *Mycorrhiza*, 18: 211–216. <https://doi.org/10.1007/s00572-008-0168-3>.
- [78] Schreiner, R. (2007): Effects of Native and Nonnative Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Nutrient Uptake of 'Pinot noir' (*Vitis vinifera* L.) in Two Soils with Contrasting Levels of Phosphorus. *Applied soil ecology*, 36: 205-215. [doi: 10.1016/j.apsoil.2007.03.002](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2007.03.002).
- [79] Hao, Z., Fayolle, L., van Tuinen, D., Chatagnier, O., Li, X., Gianinazzi, S. (2012): Local and Systemic Mycorrhiza-Induced Protection Against The Ectoparasitic Nematode *Xiphinema index* Involves Priming of Defence Gene Responses in Grapevine. *J. Exp. Bot*, 63: 3657–3672. [10.1093/jxb/ers046](https://doi.org/10.1093/jxb/ers046).
- [80] Nogales, A., Santos, E. S., Abreu, M. M., Arán, D., Victorino, G., Pereira, H. S., Lopes, C. M., Viegas, W. (2019): Mycorrhizal Inoculation Differentially Affects Grapevine's Performance in Copper Contaminated and Non-contaminated Soils. *Frontiers in plant science*, 9: 1906. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01906>.
- [81] Motosugi, H., Yamamoto, Y., Naruo, T., Kitabayashi, H., Ishii, T. (2002): Comparison of The Growth and Leaf Mineral Concentrations Between Three Grapevine Rootstocks and Their Corresponding Tetraploids Inoculated with An Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Gigaspora margarita*. *Vitis*, 41(1): 21-25.
- [82] Schellenbaum, L., Berta, G., Ravolanirina, F., Tisserant, B., Gianinazzi, S., Fitter, A. H. (1991): Influence of Endomycorrhizal Infection on Root Morphology in a Micropropagated Woody Plant Species (*Vitis vinifera* L.). *Annals of Botany*, 68(2): 135-141. [doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a088231](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a088231).
- [83] Cetin, S. E., Güven, Z., Uçar M. (2014): The Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Some Growth Parameters and Biochemical Compounds on Some *Vitis* Rootstock (Vol. 7). Vol. 7. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*,
- [84] Karoglan, M., Radić, T., Anić, M., Andabaka, Ž., Stupić, D., Tomaz, I., Mesić, J., Karažija, T., Petek, M., Lazarević, B., Poljak, M., Osrečak, M. (2021): Mycorrhizal Fungi Enhance Yield and Berry Chemical Composition of in Field Grown “Cabernet Sauvignon” Grapevines (*V. vinifera* L.). *Agriculture*, 11(7): 615. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070615>.

- [85] Vilvert, E., Dalla Costa, M., Cangahuala-Inocente, G. C., Lovato, P. E. (2017): Root Proteomic Analysis of Grapevine Rootstocks Inoculated with *Rhizophagus irregularis* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis*. Rev. Bras. Cienc. Solo, 41: 1-14. 10.1590/18069657rbcs20160134.
- [86] Aguín, O., Mansilla, J., Vilariño, A., Sainz, M. J. (2004): Effects of Mycorrhizal Inoculation on Root Morphology and Nursery Production of Three Grapevine Rootstocks. American Journal of Enology and Viticulture, 55.
- [87] Ambrosini, V. G., Voges, J. G., Canton, L., da Rosa, Couto, R., Ferreira, P. A. A., Comin, J. J., et al. (2015): Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Young Vines in Copper-Contaminated Soil. Braz. J. Microbiol, 46: 1045-1052. 10.1590/S1517-838246420140622
- [88] Mukerji, K. G., Cinacio, A. (2007): Mycorrhizae In The Integrated Pest And Disease Management. In: Ciancio, A., Mukerji, K.G. (eds) General Concepts in Integrated Pest and Disease Management. Integrated Management of Plants Pests and Diseases, vol 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6061-8_10.
- [89] Torres-Barragan, A., Zavaleta-Mejía, E., Gonzalez Chavez C., M., Ferrera-Cerrato, R. (1996): The Use of Arbuscular Mycorrhizae to Control Onion White Rot. Mycorrhiza, 10.1007/s005720050133.
- [90] Fiorilli, V., Catoni, M., Francia, D., Cardinale, F., Lanfranco, L. (2011): The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Reduces Disease Severity In Tomato Plants Infected By *Botrytis cinerea*. Journal of Plant Pathology, 93(1), 237–242. <http://www.jstor.org/stable/41998963>.
- [91] Nanjundappa, A., Bagyaraj, D. J., Na, A. K., Kumar, M., and Chakdar, H. (2019): Interaction Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Bacillus* spp. in Soil Enhancing Growth of Crop Plants. Fungal Biol. Biotechnol, 6:23. doi: 10.1186/s40694-019-0086-5.
- [92] El-Shafeey, E. I., Abd-El-Hadi, M. A., Hagag, E. S., Abu El-Naga, G. S. (2019): Utilization of Organic and Bio Fertilizers Against Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) Infecting Faba Bean (*Vicia faba* L.). Bulg. J. Agric. Sci., 25(3): 506–513.
- [93] Marx, D. H., Davey, C. B. (1969): The Influence of Ecto-Trophic Mycorrhizal Fungi on The Resistance of Pine Roots to Pathogenic Infections. IV. Resistance of Naturally Occurring Mycorrhizae to Infections by *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathology, 59: 559-565.
- [94] Sharma, Y. P., Watpade, S. and Thakur, J. S. (2014): Role of Mycorrhizae: a Component of Integrated Disease Management Strategies, 44 (1): 12-20.
- [95] Cruz, A. F., Ishii, T. (2012): Arbuscular Mycorrhizal Fungal Spores Host Bacteria That Affect Nutrient Biodynamics and Biocontrol of Soil-Borne Plant Pathogens. Biology open, 1(1): 52–57. <https://doi.org/10.1242/bio.2011014>.
- [96] Singh, M., Mishra, M., Srivastava, D. K., Singh, P. K. (2020): Arbuscular Mycorrhiza-Associated Rhizobacteria and Biocontrol of Soilborne Phytopathogens. In S. M. Mirmajlessi, & R. Radhakrishnan (Eds.), Biostimulants in Plant Science. IntechOpen, <https://doi.org/10.5772/intechopen.89266>.
- [97] Vivas, A., Azcon, R., Biro, B., Barea, J. M., and Ruiz Lozano, J. M. (2003). Influence of Bacterial Strains Isolated from Lead-Polluted Soil and Their Interactions with Arbuscular Mycorrhizae on The Growth of *Trifolium pratense* L. Under Lead Toxicity. Can. J. Microbiol, 49: 577-588.

- [98] Artursson, V., Finlay, R. D. and Jansson, J. K. (2006): Interactions Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Bacteria and Their Potential for Stimulating Plant Growth. *Environmental Microbiology*, 8: 1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00942.x>.
- [99] Moukarzel, R., Ridgway, H. J., Liu, J., Guerin-Laguette, A., Jones, E. E. (2022): AMF Community Diversity Promotes Grapevine Growth Parameters under High Black Foot Disease Pressure. *J Fungi (Basel)*, 8(3): 250. doi: 10.3390/jof8030250. PMID: 35330252; PMCID: PMC8950140.,
- [100] Petit, E., Gubler, W.D. (2006): Influence of *Glomus intraradices* on Black Foot Disease Caused by *Cylindrocarpon macrodidymum* on *Vitis rupestris* Under Controlled Conditions. *Plant Dis.*, 90: 1481–1484.
- [101] Nogales, A., Aguirreolea, J., Santa María, E. et al. (2009): Response of Mycorrhizal Grapevine to *Armillaria mellea* Inoculation: Disease Development and Polyamines. *Plant Soil* 317, 177. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9799-6>.
- [102] Vilvert E., Dalla Costa M., Cangahuala-Inocente G. C., Lovato P. E. (2017): Root Proteomic Analysis of Grapevine Rootstocks Inoculated with *Rhizophagus irregularis* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis*. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 41: 1–14. 10.1590/18069657rbcs20160134
- [103] Hao, Z., van Tuinen, D., Fayolle, L., Chatagnier, O., Li, X., Chen, B., Gianinazzi, S., Gianinazzi-Pearson, V. (2018) Arbuscular Mycorrhiza Affects *Grapevine fanleaf virus* Transmission by The Nematode Vector *Xiphinema index*. *Appl Soil Ecol*, 129: 107-111.
- [104] Waschki, C., Schropp, A., Marschner, H. (1994): Relations Between Grapevine Replant Disease and Root Colonization of Grapevine (*Vitis* sp.) by Fluorescent Pseudomonads and Endomycorrhizal Fungi. *Plant Soil*, 162: 219-227.
- [105] Landi, L., Foglia, R., Murolo, S., Romanazzi, G. (2021): The Mycorrhizal Status in Vineyards Affected by Esca. *J. Fungi*, 7: 869. <https://doi.org/10.3390/jof7100869>.
- [106] Coyne, D. L., Sahrawat, K. L., Plowright, R. A. (2004): The Influence of Mineral Fertilizer Application and Plant Nutrition on Plant-Parasitic Nematodes in Upland and Lowland Rice in Côte d'Ivoire and Its Implications in Long Term Agricultural Research Trials. *Exp. Agric*, 40: 245-256. 10.1017/S0014479703001595.
- [107] Elsen, A., Gervacio, D., Swennen, R. et al. (2008): AMF-induced Biocontrol Against Plant Parasitic Nematodes in *Musa* sp.: A Systemic Effect. *Mycorrhiza*, 18: 251–256 <https://doi.org/10.1007/s00572-008-0173-6>.
- [108] Anjos, É. C. T. D., Cavalcante, U. M. T., Gonçalves, D. M. C., Pedrosa, E. M. R., Santos, V. F. D., Maia, L. C. (2010): Interactions Between an Arbuscular Mycorrhizal Fungus (*Scutellospora heterogama*) and The Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Sweet Passion Fruit (*Passiflora alata*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(4): 801-809.
- [109] Li H. Y., Yang G. D., Shu H. R., Yang Y. T., Ye B. X., Nishida I., Zheng C. C. (2006): Colonization by The Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus versiforme* Induces a Defense Response Against The Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita* in The Grapevine (*Vitis amurensis* Rupr.), Which Includes Transcriptional Activation of The Class III Chitinase Gene VCH3. *Plant Cell Physiol*, 47(1): 154-63. doi: 10.1093/pcp/pci231. Epub 2005 Dec 2. PMID:
- [110] Ingham, R. E. (1988): Interactions Between Nematodes and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 24(1-3): 169

- [111] Franci, L. J. (1993): Interactions of Nematodes with Mycorrhizae and Mycorrhizal Fungi. *In* Nematode Interactions. Ed. M W Khan. pp 203–216. Chapman and Hall, London.
- [112] Lax, P., Becerra, A.G., Soteras, F. et al. (2011): Effect of The Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus intraradices* on The False Root-Knot Nematode *Nacobbus aberrans* in Tomato Plants. *Biol Fertil Soils*, 47: 591-597. <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0514-4>.
- [113] Jaizme-Vega, M.d.C. and Pinochet, J. (1997): Growth Response of Banana to Three Mycorrhizal Fungi in *Pratylenchus goodeyi* Infested Soil. *Nematropica*, 27(1): 69-76. <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/64183>.
- [114] Elsen, A., Declerck, S., De Waele, D. (2003): Use of Root Organ Cultures to Investigate the Interaction Between *Glomus intraradices* and *Pratylenchus coffeae*.
- [115] Kassab, A. S., Taha, A. H. Y. (1990): Aspects of The Host-Parasite Relationships of Nematodes and Sweet Potato 1. Population Dynamics and Interaction of *Criconebella* spp., *Rotylenchulus reniformis*, *Tylenchorhynchus* spp. and Endomycorrhiza. *Annals of Agricultural Science*, 35: 497–508.
- [116] da Silva Campos, M. A., da Silva, F. S. B., Yano-Melo, A. M., de Melo, N. F., & Maia, L. C. (2017): Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi During The Acclimatization of *Alpinia purpurata* to Induce Tolerance to *Meloidogyne arenaria*. *The Plant Pathology Journal*. Korean Society of Plant Pathology, <https://doi.org/10.5423/ppj.oa.04.2016.0094>
- [117] Kesba, H. H., & Al-Sayed, A. A. (2005): Interactions of Three Species of Plant-Parasitic Nematodes with Arbuscular Mycorrhizal Fungus, *Glomus macrocarpus*, and Their Effect on Grape Biochemistry. *Nematology*, 7(6): 945-952. doi: <https://doi.org/10.1163/156854105776186406>.
- [118] Atilano, R. A., Menge, J. A., Gundy, S. D. (1981): Interaction Between *Meloidogyne arenaria* and *Glomus fasciculatus* in Grape. *J Nematol*, 13(1): 52-7. PMID: 19300722; PMCID: PMC2618053.
- [119] Siddiqui, Z. A., Mahmood, I. (1995). Role of Plant Symbionts in Nematode Management: A review. *Bioresource Technology*, 54(3), 217–226. doi:10.1016/0960-8524(95)00137-9.
- [120] Ceustermans A, Van Hemelrijck W, Van Campenhout J, Bylemans D. (2018): Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on *Pratylenchus penetrans* Infestation in Apple Seedlings under Greenhouse Conditions. *Pathogens*, 7(4):76. <https://doi.org/10.3390/pathogens7040076>.
- [121] Calvet, C., Pinochet, J., Camprubí, A. et al. (1995): Increased Tolerance to The Root-Lesion Nematode *Pratylenchus vulnus* in Mycorrhizal Micropropagated BA-29 Quince Rootstock. *Mycorrhiza*, 5: 253-258.
- [122] Brito, O. D. C., Hernandez, I., Ferreira, J. C. A., Cardoso, M. R., Alberton, O., & Dias-Arieira, C. R. (2018): Association Between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Pratylenchus brachyurus* in Maize Crop. *Chilean Journal of Agricultural*
- [123] Vaast, P., Caswell-Chen, E., Zasoski, R. (1997): Influences of A Root-Lesion Nematode, *Pratylenchus coffeae*, and Two Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *Acaulospora mellea* and *Glomus clarum* on Coffee (*Coffea arabica* L.). *Biol Fertil Soils*, 26: 130–135. <https://doi.org/10.1007/s003740050355>.
- [124] Veiga, R. S., Jansa, J., Frossard, E., van der Heijden, M. G. (2011): Can Arbuscular Mycorrhizal Fungi Reduce The Growth of Agricultural Weeds?. *PloS one*, 6(12). e27825. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027825>.

- [125] Jordan, N., Zhang J., Huerd, S. (2000): Arbuscular-mycorrhizal Fungi: Potential Roles in Weed Management. *Weed Research*, 40. 397-410. 10.1046/j.1365-3180.2000.00207.x.
- [126] Rinaudo, V., Bàrberi, P., Giovannetti, M. *et al.* (2010). Mycorrhizal Fungi Suppress Aggressive Agricultural Weeds. *Plant Soil*, 333: 7-20. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0202-z>.
- [127] Radic, T., Hančević, K., Matevž, L., Protega, I., Jug-Dujaković, M., Bogdanović, I. (2012): Neighbouring Weeds Influence The Formation of Arbuscular Mycorrhiza in Grapevine. *Symbiosis*, 56. 10.1007/s13199-012-0165-3.
- [128] Taber, R. A., and M. E. Strong, and Trappe, J. M. (1982): Occurrence of *Glomus* Spores in Weed Seeds in Soil. *Mycologia*, 74: 515–520.