PAPER DETAILS

TITLE: Mikorizalar ve Bagcilikta Kullanimi

AUTHORS: Ilknur Korkutal,Elman Bahar

PAGES: 97-107

ORIGINAL PDF URL: https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3750579

Anadolu, J. of AARI
ISSN:1300-0225 (Print)
E-ISSN: 2667-6087 (Online)
2024, 34 (1):97-107
DOI: 10.18615/anadolu.1442118

Mikorizalar ve Bağcılıkta Kullanımı

İlknur KORKUTAL [1*] ***Elman BAHAR*** [2]

[1,2] ***Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, ZiraatFakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Tekirdağ/TÜRKİYE***

[1]*https://orcid.org/0000-0002-8016-9804* [2]*https://orcid.org/0000-0002-8842-7695*

**Corresponding author (Sorumlu yazar): ikorkutal@nku.edu.tr*

Received (Geliş tarihi): 23.02.2024 *Accepted (Kabul tarihi): 17.05.2024*

ÖZ: *Bitki gelişimi ve yaşamını sürdürmede biyostimülantlar önemli bir yer tutmaktadırlar. Bu derlemede mikorizaların; toprak yapısına, asma köklerine, asmanın bitki besin elementi alımına, asma hastalık ve zararlılarına ve asma gelişimi üzerine etkileri sınıflanmış ve bağcılıkta mikoriza kullanımının yararları açıklanmaya çalışılmıştır. Dünya bağcılığında mikoriza kullanımının yararlı olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Öte yandan Türkiye'de sürdürülebilir tarım kapsamında, bağcılıkta mikoriza kullanımı konusunda yapılan bilimsel araştırmalar mevcuttur. Bu nedenle, özellikle yeni kurulacak bağlara, dikim öncesi mikoriza uygulanabilir. Bu şekilde mikoriza aşılanan asmanın yaşamı boyunca yeterli beslenmesi sonucu, dengeli gelişimi sağlanabilir. Aynı zamanda sürdürülebilir bağcılık yapılmış olacağından, asmaların verim ve kalitesi dengelenebilir. Bu makalede mikoriza kullanımının bitkilere etkileri; asma örneği üzerinden ortaya konmuştur.*

Anahtar kelimeler: *Mikoriza, bağcılık, Vitis vinifera L.*

Mycorrhizae and Their Use in Viticulture

ABSTRACT: *Biostimulants play a significant role in influencing both plant growth and sustainability. This compilation categorizes the impacts of mycorrhizae on various aspects such as soil structure, grapevine roots, nutrient absorption by grapevines, grapevine diseases, pests, and overall grapevine development. It attempts to elucidate the advantages of employing mycorrhizae in viticulture. Numerous studies indicate the positive outcomes of mycorrhizal use in global viticulture. Additionally, within the framework of sustainable agriculture in Turkey, there are ongoing scientific inquiries into the utilization of mycorrhizae in viticulture. Therefore, it is advisable, particularly for newly established vineyards, to apply mycorrhizae prior to planting. This practice ensures consistent nourishment for mycorrhizal-inoculated grapevines throughout their lifecycle, fostering balanced growth. Moreover, by embracing sustainable viticulture practices, a harmonized equilibrium in grapevine yield and quality can be achieved. This article delves into the impact of mycorrhizal utilization on plants, using grapevines as a prime example.*

Keywords: *Mycorrhiza, viticulture, Vitis vinifera L.*

GİRİŞ

Biyostimülantlar (PBs) bitkilerin yaşantısında önemli bir rol oynarlar. Rouphael ve Colla (2020) biyostimülantları mikrobiyal ve mikrobiyal olmayanlar olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Mikrobiyal olmayan biyostimülantlar arasında; kitosan (Aazami ve ark., 2023), hümik ve fulvik asit (Carpio ve ark., 2023), protein hidrolizat (Bavaresco ve ark., 2023), fosfit (Leles ve ark., 2022), deniz yosunu ekstraktları (Brown ve Saa, 2015; Arioli ve ark., 2021) ve silikonu (Schabl ve ark., 2020) saymışlardır. Mikrobiyal biyostimülantları da arbüsküler mikorizal mantarlar (AMF), rizobakterler (PGPR) (Van Loon, 2007) ve *Trichoderma* spp. (El-Mohamedy ve ark., 2010; Tvetskov ve ark., 2017) olarak sıralamışlardır.

Bitki gelişimi kök-toprak birlikteliğiyle sağlandığından; bitki kökleri ile mikroorganizmalar, topraktan alacakları besin maddeleri için rekabet

halindedir. Kök ve mikroorganizma birbirlerinden karşılıklı yararlanarak simbiyotik bir yaşam sürdürmektedir (Belal ve ark., 2023; Martin ve Van der Heijden, 2024). Dünyadaki bitki varlığı incelendiğinde mikorizal mantarlar ile ilişkili köklerin varlığı çoğu kez görülür (Moukarzel ve ark., 2023). Bu simbiyotik ilişkide mikoriza bitkiden karbonlu bileşikleri; bitki de mikorizanın topraktan aldığı besin maddeleri ve suyu alır (Sandal Erzurumlu ve Kara, 2014; Agnolucci ve ark., 2019).

Simbiyotik mikroorganizmalar; havanın serbest azotunun bağlanması, topraktaki fosfat dönüşümü, bitkilerin su ve minerallere daha kolay ulaşması, dengeli beslenme, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı bitki direncini artırma gibi pozitif etkide bulunur (Doğmuş Lehtijärvi, 2007; Brown ve Saa, 2015). Tüm bu nedenlerle son yıllarda kimyasal gübrelere (Rouphael ve Colla, 2020; Berdeja ve ark., 2023) ihtiyacın azaltılmasında kullanımları artmaktadır.

Ektotrofik ve endotrofik olarak iki gruba ayrılan mikorizalar; bitkinin kök hücresi (korteks) içinde dallanıp ağaçsı arbüskül yapısı oluşturduğundan endomikorizaya aynı zamanda Arbusküler Mikorizal Fungus (AMF) adı verilir (Smith ve Read, 2008; Popescu, 2016; Sulistiono ve ark., 2024). En çok bilinen endomikoriza türleri; erikoid, orkide ve arbusküler mikoriza'dır. Ancak araştırmalar genelde AMF odaklıdır (Haelewaters ve ark., 2022). *Glomales* (*Glomerales*) takımı içinde yer alan AMF'lar bitki türlerinin %80'i ile simbiyotik yaşama kabiliyetine sahip olan biyotrofik mantarlardır (Blackwell ve Spatafora, 2004; Bouffaud ve ark., 2016; Hage-Ahmed ve ark., 2019).

Arbusküler mikorizal funguslar, besin noksanlığına (Yang ve ark., 2009), tuz stresi ve kuraklık stresi koşullarına (Trouvelot ve ark., 2015), ağır metal toksisitesine (Zhuang ve ark., 2007; Ochoa-Hueso ve ark., 2024) ve sıcaklık stresine (Trouvelot ve ark., 2015) karşı bitkinin dayanıklılığını artırmakta; ve bitkilere büyümeyi teşvik edici maddeler (Van Geel ve ark., 2017) salgılatmaktadır. Öte yandan, toprak strüktürünü iyileştirmekte ve bu arada toprak erozyonunu da engellemektedirler (Hamilton ve ark., 2016). Ayrıca AMF, çok çeşitli vitamin ve mikro besinleri içerdiğinden gıda güvenliğinde de önemli rol almaktadır (Cataldo ve ark., 2022).

Bağcılıkta olumlu etkileri olduğu bilinen mikoriza türlerinin saf ırkları veya mikorizal konsorsiyumları kullanılmaktadır (Kara ve Bağçevli, 2012). Bu derlemede bağcılıkta mikorizaların etkileri; toprak yapısına, asma köklerine, bitki besin elementi alımına, asma hastalık ve zararlılarına ve asma gelişimine olmak üzere gruplanmış ve bağcılıkta mikoriza kullanımının yararları açıklanmaya çalışılmıştır.

MİKORİZANIN ETKİLERİ

Toprak Yapısına Etkileri

Gupta ve ark. (2020), toprak sağlığının önemli göstergelerinden birinin mikorizalar olduğunu bildirmişlerdir. AMF'ler toprak mikrobiyotasının önemli bir parçasıdır ve rizosferde bulunan diğer mikrororganizmalarla da ilişkilidir (Nasslahsen ve ark., 2022). Topraktaki mikrobiyal aktivite büyük ölçüde bitki köklerinden etkilenir (Bais ve ark., 2006) ve toprak, bakteriyel rizosferin potansiyel kaynağıdır (Berg ve Smalla, 2009). Mikorizosfer, mikorizalar tarafından kolonize edilen köklerden etkilenen toprak bölgesidir (Burke ve Carrino-Kyker, 2021). AMF'ler mikorizosferin işlevlerini geliştirmektedir (Tahat ve ark., 2020) ve toprağın çok işlevli olması bakımından önemli bir göstergedir (Mahmoudi ve ark., 2021).

AMF'ler eksternal hifleriyle konukçu bitki ile toprak arasında direkt bir fiziksel bağ kurarak (Baumgartner, 2003), topraktan bitkiye mineral iyonları ve karbon sağlarlar (Aguilera ve ark., 2022). Bu eksternal hifler, toprak agregatlarını ağ gibi çevrelediklerinden dolayı toprak özellikleri üzerinde de etkili olmaktadırlar (Biasi ve ark., 2023). Mikorizal mantar hifleri; hümik bileşiklerle beraber organik yapışıcı maddeler üretir, toprağı agregatlar halinde bağlar ve böylelikle toprak porozitesini artırırlar (Carpio ve ark., 2023). Böylece toprağın havalanması ve toprak-su hareketi, bitki köklerinin büyümesi ve köklerin toprak içinde dağılımını teşvik ederek omca büyümesini pozitif yönde etkilerler ve dolayısıyla toprak yapısını iyileştirmektedirler (Moukarzel ve ark., 2023).

Toprak kökenli patojenler (Örn: *Armillaria mellea*) ve abiyotik stres faktörleri (kötü drenaj, toksik metabolitler, ekstrem pH) bağ toprağında yorgunluğa neden olur (Nogales ve ark., 2008). *Armillaria mellea* varlığı bilinen toprağa tekrar Cabernet-Sauvignon/110R kombinasyonu omcaları diken Camprubí ve ark. (2008), *G. intraradices* BEG72 izolatı uygulandığında omcaların büyümesinin arttığını ancak farklı içerikteki AMF izolatı kullanıldığında aynı sonuca erişmediklerini ifade etmişlerdir. Buradan hareketle, tüm AMF'lerin aynı özellikteki omcalarda aynı etkide bulunmadığını belirtmişlerdir.

Rivera-Becerril ve ark. (2017), fenhegzamit, folpel (fungusit) ve deltametrin (insektisit) kullandıklarında *Glomeromycota* varlığının azaldığını, *Claroideoglomus* ve *Funneliformis mosseae*'nın ise sadece ekilebilir topraklarda azaldığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak yüksek dozdaki pestisit uygulamalarının AMF topluluğunun miktarını değil, topraktaki kompozisyonunu değiştirdiğini saptamışlardır.

Ağır metalle kirlenmiş toprakların ıslahında AMF kullanılabilir (Khan, 2005) ve bu şekilde bozulmuş olan toprak yapısı düzeltilebilir (Hamilton ve ark., 2016). Ayrıca AMF tarafından üretilen bir glikoprotein olan glomalin toprak agregasyonuna yardım etmektedir (Fracetto ve ark., 2023). Glomalin oluşumu ile toprakta stabil agregatlar üretilir, su filtrasyonunda düzelme sağlanır ve karbon alımı desteklenir (Chen ve ark., 2018).

Cu önemli bir bitki koruma unsuru olup aynı zamanda da toprak kirleticidir (Hildebrandt ve ark., 2007). Karimi ve ark. (2020) Avrupa'da bakırın bağda kullanımının yasaklanmasını (2025'ten itibaren) önermek için 20 yıldan daha öncesine dayandırmaktadırlar. Ancak yüzelli yıldan fazla süredir kullanılan (yıllık 400 kg/ha'dan fazla) Cu uygulandığında mikrobiyal aktivitenin %30 azaldığı saptanmıştır (Karimi ve ark., 2021). Öte yandan Cu içeren bitki koruma ürünleri kullanıldığında AMF'lerin kökteki kolonizasyonunun etkilenmediği veya toprakta bulunan Cu dozuna bağlı olarak orta derecede etkilendiği de Cornejo ve ark. (2013) tarafından bildirilmiştir.

Asma Köklerine Etkileri

Ağır topraklarda asma köklerinin yayılımı zordur (Schreiner, 2007) ve geleneksel bağcılık uygulamalarında kısa ve az sayıda kök oluşmaktadır. AMF kullanıldığında köklerde mikorizal hifler oluşmakta, bu da omcanın kök gelişimini olumlu yönde etkilemektedir. Simbiyotik yaşamın kurulması ve geliştirilmesi; toprak özelliği ve bağcı tarafından yapılan kültürel işlemler ile yakından ilişkilidir (Zanathy ve ark., 2011). Simbiyotik yaşamın sağladığı olumlu etkiler omcada da görülmektedir. Ayrıca Rivera-Becerril ve ark. (2017) ve Rouphael ve Colla (2020) tarafından da belirtildiği gibi sürdürülebilir bir ekosistem sağlamaktadırlar.

Dört ticari biyoinokülantın Pinot noir/3309C, Riesling/3309C ve Riesling/SO4 aşı kombinasyonlarında asma köklerini kolonize etme yeteneği ve kök morfolojisi üzerine etkileri incelendiğinde; kök çapı, kök uzunluğu, kök yoğunluğu ve spesifik kök uzunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca mikorizaların etkisinin anaç-çeşit kombinasyonuna göre de değişebileceği bildirilmiştir (Berdeja ve ark., 2023).

Araştırıcılar üç anaç ve bunların tetraploidlerine AMF (*Gigaspora margarita*) uygulamış ve uygulamaların; tetraploid anaçların sürgün ve kök büyümesinin kontrolden önemli ölçüde yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda tetraploid anaçların diploidlerden daha kalın ve kompakt bir kök yapısına sahip olma sebebinin AMF kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir (Motosugi ve ark., 2002).

Bitkiler ile mikoriza mantarlarının ilişkisi içinde; omca kökleri dolaylı olarak bu ilişkiden faydalanmaktadır. Mikorizalar kökün ihtiyacı olan ortamı oluşturmakta; köklerin ihtiyacı olan besin maddeleri ve suyun alımını kolaylaştırmakta, bitkinin kök gelişimini artırmakta ve bununla birlikte bitkinin kök uzunluğunu da artırarak köklerin daha fazla yayılmasını sağlamaktadırlar (Darriaut ve ark., 2022). Araştırmalarında üç AMF konsorsiyumu kullanan Aslanpour ve ark., (2019) kök kuru ağırlığının kontrole nazaran arttığını belirlemişlerdir. AMF kullanımı bitkinin diğer abiyotik (kuraklık vb.) ve biyotik (pestisit vb.) streslere

dayanımını artırmaktadır (Ling ve ark., 2022; Marasco ve ark., 2022; Visconti ve ark., 2024). Konukçu bitki üzerinde bulunan kökler ile AMF simbiyotik bir birliktelik kurduğundan, stresin olumsuz etkilerini azaltmış; omcalar kuraklık ve tuz stresinden çok daha az etkilenmişlerdir (Khalil, 2013). Van Rooyen ve ark. (2004), Sauvignon Blanc/99R aşılı kombinasyonuna *Glomus etunicatum* uyguladıklarında omcanın kuraklığa dayanımının fazla ve su kullanımının da düzenli olduğunu saptamışlardır.

Kılıç (2014), aşılı asma fidanı üretiminde AMF uygulamasıyla; anaçların köklenme kabiliyeti ile fidan randımanı arasında bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde Kavak (2006) da, aşılı köklü ve tüplü asma fidanı üretiminde AMF uygulamasından yaklaşık 6 ay sonra fidan randımanını kontrol grubuna nazaran oldukça yüksek elde etmiştir. Ancak Korkutal ve ark. (2019) fidana uygulanan AMF'nin Razakı/1103P kombinasyonunda sökümde, fidan çapı ve kök özelliklerini iyileştirdiğini ancak Alphonse Lavelleé/1103P kombinasyonunda bu etkinin olmadığını kaydetmişlerdir.

Asmanın Besin Elementi Alımına Etkileri

Asma, çok yıllık bir bitki olduğundan; gelişme, büyüme ve verimini devam ettirmesi için tüm diğer bitkilerde olduğu gibi besin maddelerine ihtiyaç duymaktadır. Mikoriza aşılamasıyla omcanın topraktan besin maddelerini alımı ve absorbsiyonu kolaylaşmaktadır (White, 2020). Bitki ile simbiyotik mantar arasındaki etkileşim; su, P, Cu, Zn ve N alımına izin vererek bitki beslenmesinin iyileştirilmesi de dahil olmak üzere bitki için birçok avantaj sağlar (Abdelhameid, 2020). AMF hifleri toprak içinde köklerin nüfuz edemediği bölgelere erişerek mineral besinler, su ve toprakta çözünebilen bileşikler arasındaki iletim seviyesini artırır (Khan, 2005). Mikorizal funguslar toprak içine alınması güç besin maddelerini çözen kuvvetli kimyasallar salgıladığından; omcada başta P olmak üzere N, K ve Mg içeren makro besinlerin alımı artar (Karagiannidis ve ark., 1995; Motosugi ve ark., 2002; Bavaresco ve ark., 2010). Böylece mikorizal funguslar, kök yenilenmesini sağlar, bitki büyümesini hızlandırır ve inorganik gübrelerin kullanımını azaltır (Repetto ve ark., 2008; Rouphael ve Colla, 2020; Berdeja ve ark., 2023). Aynı bulgu Karayaka (2021) tarafından topraksız kültür bağcılığında *Glomus clarum* ve *Glomus etunicatum* mikoriza uygulamaları ile Hoagland besin çözeltisi kullanımının %30 ve %15 oranında azaltılabileceği şeklinde ifade edilmiştir.

AMF, omca gelişimini, özellikle bitki besin maddeleri yoğunluklarının kritik seviyelerde olduğu marjinal topraklarda ve koşullarda teşvik etmektedir. Bu etki, simbiyozise sahip köklerin topraktan, başta fosfor (Parniske, 2008; White, 2020) olmak üzere bazı makro ve mikro besin maddelerini daha iyi alabilmeleri ile açıklanmaktadır. Mikorizal mantarlarla aşılanan asmalar ile kontrol grubu asmaları karşılaştırıldığında fosfor alımının en yüksek seviyeye çıktığı, kökün Zn ve Cu alımının arttığı belirlenmiştir (Schreiner, 2005; Aslanpour ve ark., 2019). Temel olarak AMF omcadan bazı organik maddeleri ve karbonhidratları almaktadır (Agnolucci ve ark., 2019). AMF asıl olarak; köklerin gelişimi ve absorbsiyon kapasitesini artırması sonucunda da; besin ve su alımını, köklerde hücre yenilenmesini etkiler. Ayrıca fosfor dışında; N, Ca, Mn ve S gibi diğer besin maddelerinin toprak bünyesinden kolay alımını sağlar (Habran ve ark., 2016). Ayrıca Bona ve ark. (2019) kendi kökünde yetişen Pinot noir çeşidi omcalarının rizosferinde yüksek biyokimyasal aktivite (P ve N bileşikleri) olmasının proteobakteriler grubundan kaynaklandığını belirtmiştir. Pinot noir/3309C, Riesling/3309C ve Riesling /SO4 aşı kombinasyonlarına uygulanan dört ticari mikoriza konsorsiyumunun petiolden ölçülen besin içeriğine olumlu etkide bulunduğu ve sentetik gübre yerine bir alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Berdeja ve ark., 2023). Benzer şekilde Khalil (2013) ve Schreiner (2007) kontrol bitkilerindeki P, N, K, Ca ve Fe oranlarının mikoriza uygulananlardan düşük olduğunu saptamışlardır. Motosugi ve ark. (2002), üç anaç ve bunların tetraploidlerine AMF olarak *Gigaspora margarita* uygulamışlar ve bu uygulamaların yaprak mineral içeriğine etkisini (N, P, K, Ca ve Mg) ortaya koymuşlardır. AMF uygulanmış tetraploid ve diploid anaçların P konsantrasyonlarının oldukça yüksek; ancak tetraploid anaçların Ca ve Mg oranlarının düşük olduğunu bulmuşlardır. Bayram

(2000) yaprağın P ve K içeriklerinin mikorizasız anaçlara oranla artış gösterdiğini belirlemiştir.

Ancak omca olumsuz koşullarda iken Mn ve Fe konsantrasyonu AMF'lardan etkilenmekte; Ca, Mg ve Zn konsantrasyonu bu durumdan etkilenmemektedir (Bavaresco ve Fogher, 1992). AMF'ın köke yerleşiminden sonra köklerde tepkisel bir şekilde; arginin, isoflavonoidler gibi bileşiklerle beraber sitokinin ve gibberellin gibi bitki büyüme düzenleyicilerin üretiminde artış olmaktadır (Çetin ve ark., 2014).

Cheng ve Baumgartner (2005) ve Daniel (2007), asma kök çevresindeki örtü bitkilerinin mikorizaları tuttuğunu ve gelişmesini sağlayarak özellikle azot beslenmesini artırdığını görmüşlerdir. Meyer ve ark. (2005), 110R, 99R ve 101-14Mgt anaçlarına uyguladıkları AMF'nin toprağın 0-150 cm ve 150-300 cm derinliklerinde tutulan fosfor oranını artırdığını belirlemişlerdir.

Asma Hastalık ve Zararlılarına Etkileri

Bağlarda uzun yıllardır mantar, bakteri, nematod ve diğer patojenlere karşı kullanılan pestisitler nedeniyle bunlara karşı direnç gelişmekte, doğal düşmanları da öldürülmekte ve bunların sonucunda da daha yaygın hastalık ve zararlı populasyonu ortaya çıkmaktadır (Huang ve ark., 2011). Aynı zamanda herbisitlerin mikorizal mantarlar üzerinde de zararlı etkisi olduğu bilinmektedir (Zaller ve ark., 2018). Mikorizal köklerin etrafı patojen saldırısına karşı bir manto bulundurduğundan ve bazı AMF'ler salgıladıkları antibiyotiklerle kök çevresine ulaşmış hastalık yapan organizmaları durdurmaktadır (Pozo ve Azcón-Aguilar, 2007). AMF oluşumunun gerçekleştiği omcalar; toprak kökenli fungal patojen ve nematodlara karşı daha dirençli olmakta, bu etmenlere karşı mücadelede çok önemli bir üstünlük sağlamaktadır (Li ve ark., 2006). Bitki savunma reaksiyonlarında yer alan bileşikler AMF tarafından sadece düşük miktarlarda ortaya çıksa da, kökü patojenlere karşı tepki vermeye daha yatkın hale getirerek sürekli veya geçici olarak hareket edebilirler (Azcón-Aguilar ve Barea, 1997). *Phytophthora, Rhizoctonia* ve *Fusarium* sp. patojenlerinin oluşturduğu hastalıklara karşı AMF'ların biyolojik savaşımda potansiyel bir eleman olduğu belirlenmiştir, ancak AMF'ların tüm çevresel koşullarda ve tüm patojenlere karşı etkili olacağı düşünülmemelidir (Azcón-Aguilar ve Barea, 1997). AMF ile biyolojik savaşım elemanları arasında sinerji olduğundan bu etkileşimler bitkilerdeki kök salgıları, fitoaleksinler ve fenolik bileşiklerin üretimini teşvik etmiştir (Kaur ve ark., 2020). Kısacası AMF; omca ve toprağın mikrobiyal aktivitesini etkilemektedir. Mikorizalar büyüme esnasında; kitinaz, glukonaz, flavonoid biyosentezi ve fitoaleksinlerin üretimini, bitki savunma genlerinin aktivitesiyle doğru orantılı olarak artırmıştır (Hao ve ark., 2019). Öte yandan AMF patojenlerinin antagonistleri olduğu bilinen mikroorganizmalar arasında *Trichoderma* sp. ve *Gliocladium* sp. gibi mantarlar ve *Pseudomonas* sp. ve *Bacillus* sp. gibi rizobakteriler vardır (Likar ve Regvar, 2017; Niem ve ark., 2020; Vincze ve ark., 2024).

AMF'lar hastalıkların yanında; zararlılara da ket vurmakta ve böceklere karşı omcanın dayanıklılığını artırmaktadır (Kadam ve ark., 2020). AMF'lar parazitik nematodların olumsuz etkilerini önlemeye yardımcıdırlar (Hao ve ark., 2019). Mikorizal bitkilerde patojen nematodların kök enfeksiyonları, mikorizal olmayan bitkilere göre, genellikle daha az güçlüdür (Bicici, 2011). Ancak herbisitlerin AMF üzerine direkt (Li ve ark., 2013) veya dolaylı olarak konukçu bitkiyi yıkıma uğratma şeklinde (Druille ve ark., 2013) etkisi de olabilir.

Asma Gelişimine Etkileri

Mikorizal mantarlar kök gelişimini artırıp, hastalık-zararlıları kontrol altına aldığından omcanın iyi beslenmesi ve dengeli gelişmesini sağlamaktadır (Anzanello ve ark., 2011). AMF'lar omcanın sürgün uzunluğunu artırmaktadır ve yaprak gelişimini de olumlu etkilemekte, ayrıca yaprakların P, K ve B içeriğini yükseltmektedir (Baumgartner, 2006). Bununla birlikte farklı biyostimülantların uygulanmasıyla Öküzgözü üzüm çeşidinde 13.53 kg/omca (Kurt, 2022) ve Boğazkere üzüm çeşidinde 15,22 kg/omca (Kızgın, 2022) verim değerlerine erişildiği saptanmıştır. Bu değerlerin Kontrol uygulamalarında sırasıyla 11.65 kg/omca ve 11.10 kg/omca olduğu görülmüştür. Böylece verimin arttığı

ve organik üzüm yetiştiriciliğinde önerilebilecek bir uygulama olduğunu belirtmişlerdir.

Karagiannidis ve ark. (1995) tarafından, düşük fosfor içeriğine sahip 41B, 110R ve 5BB asma anaçlarına mikoriza aşılanmıştır. Yapılan mikoriza aşılaması; anaçlarda sürgün uzunluğu ve kök-sürgün kuru ağırlığını artırmıştır. Ayrıca bitkinin fosfor konsantrasyonunda da artış olmuştur. Korkutal ve ark. (2020) Razakı/1103P ile Alphonse Lavelleé/1103P aşı kombinasyonlarına uyguladıkları AMF preparatlarının, genç omcalarda bitki başına toplam yaprak sayısı, alanı, kuru ağırlığı, sürgün gelişimi, fidan besin elementi içeriği vb. üzerine etkisinin çeşide göre değiştiğini belirlemişlerdir. Ancak AMF'lerden fidan gelişimi döneminde en olumlu etkilenen çeşidin Alphonse Lavelleé olduğunu vurgulamışlardır. Benzer şekilde Bayram (2000), AMF uygulaması sonucunda asma anaçlarının yaprak büyüklüğü, sürgün uzunluğu ve sürgün çapında artış olduğunu ve sürgün gelişiminde en etkili mikoriza türünün *Glomus mosseae* olduğunu kaydetmiştir. Kara ve Özdemir (2009), bazı anaç ve üzüm çeşitlerinde AMF'nin fidan randımanı, kök ve sürgün gelişiminde önemli artış sağladığını tespit etmişlerdir. Eftekhari ve ark. (2010), üç *Glomus* türü kullandıklarında asmaların sürgün uzunluğu ve yaprak alanlarının önemli derecede arttığını, ancak kök uzunluğu ile yaprak sayısının çok etkilenmediğini belirlemişlerdir. Erdoğan (2010), AMF uygulamasını takip eden vejetasyon sonunda tane tutumu, verim, salkım ağırlığı, salkım boyutları ve meyve rengi değerlerinde, mikorizal formülasyon ve dozlarına bağlı olarak önemli farklılıklar oluştuğunu ifade etmiştir. 5BB ve 110R anaçlarında kuraklık stresine karşı AMF uygulayan Bozkurt (2018), sürgün ve kök gelişimi ile bazı biyokimyasal özelliklerin olumlu yönde etkilediğini tespit etmiştir. Aşılı çeliklere AMF uygulayan Eroğlu (2014), bitki gelişimine etkilerinin önemli olmadığını, bunun yanında aşılı tüplü fidan üretiminde AMF kullanıldığında; tüm fidanların birinci boy fidan özelliklerini kazandığını belirlemiştir. Özer (2011), AMF uygulamalarının genotiplerin vejetatif gelişimi ile mineral beslenmelerini olumlu yönde etkilediğini belirlemiştir. Araştırıcılar biyopreparat uygulamalarının aşılı tüplü asma fidanlarına etkisinin anaçlara ve uygulamalara göre değiştiğini (Özkara, 2016), ayrıca bunun anaç türlerine ve simbiyotik mikroorganizma preparasyonlarına göre de değiştiğini (Bağçevli, 2010), ancak farklı düzeylerde olmakla birlikte tüm uygulamaların fidan gelişim değerlerini olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir. Çetin ve ark. (2014), uyguladıkları AMF dozlarının üç farklı anaçta köklenme oranı ve sürgün uzunluğuna önemli etkide bulunduğunu saptamışlardır. Ayrıca yaprakların toplam klorofil içeriği tüm AMF uygulamalarında kontrolden yüksek bulunmuştur. Beş anaca üç farklı *Glomus intraradices* izolatı ve P gübresi uygulayan Nogales ve ark. (2008) sürgün kuru ağırlığının kontrole nazaran oldukça yükseldiğini belirlemişlerdir. Merlot/SO4 aşı kombinasyonuna *G. intraradices* izolatı aşılandığında sürgün ağırlığı ve klorofil pigment konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir (Calvet ve ark., 2007). AMF uygulanan ve düşük fosfat (14 mg/kg alınabilir) içeren toprağa dikilen farklı anaç ve çeşitlerin (kendi kökünde) farklı büyüme ve gelişme gösterdiği belirlenmiştir. Bunun AMF çeşidine ve genotipe göre değiştiği sonucuna varılmıştır (Linderman ve Davis, 2001). Fidanlık koşullarına 2 gözlü olarak dikilen 196-17 Castel, 110R ve 161-49C çeliklerine dikimde *Glomus aggregatum* uygulaması yapılmış ve dokuz ay sonra sökülüp kökleri incelendiğinde anaca göre değişen sonuçlar elde edilmiştir. Ancak AMF uygulaması 110R anacında herhangi bir etki göstermemiştir (Aguìn ve ark., 2004). Bir başka araştırmada da aşılı asma kök sistemleri mikrobiyomunun, topraktan alınan mikrobiyal çeşitliliği etkileyen anaç ve kalem kombinasyonundan büyük ölçüde etkilendiği ortaya konmuştur (Marasco ve ark., 2022).

SONUÇ

Bu derlemede bitkisel üretimde ve asma özelinde mikoriza kullanımına yönelik bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Mikoriza kullanımı ile toprağın mikrobiyal aktivitesinin artırılabileceği görülmüştür. Özellikle Türkiye genelinde olduğu gibi organik madde içeriği düşük olan topraklarda (Karaca, 2021) asma tarafından besin elementi alımı; kökler ile mutualistik yaşam sürdüren mikorizalar yardımıyla artırılabilir.

Ayrıca yeni kurulacak bağlarda, fidan dikiminde mikoriza aşılaması yapılabilir, bu şekilde asma köklerinin toprak içerisinde daha kolay yayılması sağlanabilir. Bazı mikorizalar antibiyotik salgılayarak asma sağlığını desteklemektedir. Bunun yanında toprak kökenli fungal patojenler ve nematodlara dayanıklılık oluşturmaktadır. Bazı böceklere dayanıklılığı da artırarak asma sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Bu şekilde asmanın dengeli gelişimine destek olmaktadır. Sonuç olarak, toprağın biyolojik kalitesi ile asma kalitesi ve üzüm ile şarap kalitesi arasındaki bağlantı kurulmaktadır. Ancak bağcılıkta tüm terroir unsurlarının (toprak - iklim - kültürel işlemler - asma davranışları - üzüm bileşimi) dikkate alınması gereklidir. Bu sebeple, dünyada ve Türkiye'de sürdürülebilir tarım kapsamında bağcılıkta mikoriza kullanımıyla ilgili bilimsel araştırmaların devamlılığı önemlidir.

LİTERATÜR LİSTESİ

Aazami, M.A., M. Maleki., F. Rasouli., and G. Gohari. 2023. Protective effects of chitosan based salicylic acid nanocomposite (CS-SA NCs) in grape (*Vitis vinifera* cv. Sultana) under salinity stress. Sci Rep. 13: 883. doi:10.1038/s41598-023-27618-z

Abdelhameid, N. M. 2020. Effect of mycorrhizal inoculation and potassium fertilization on grain yield and nutrient uptake of sweet sorghum cultivated under water stress in calcareous soil. Egypt J Soil Sci. 60: 17-29. doi:10.21608/ejss.2019.17512.1312

Agnolucci, M., L. Avio., A. Pepe., A. Turrini., C. Cristani., P. Bonini., V. Cirino., F. Colosimo., M. Ruzzi., and M. Giovannetti. 2019. Bacteria associated with a commercial mycorrhizal inoculum: Community composition and multifunctional activity as assessed by Illumina sequencing and culture-dependent tools. Front Plant Sci. 9: 1956. doi:10.3389/fpls.2018.01956

Aguilera, P., N. Ortiz., N. Becerra., A. Turrini., F. Gaínza-Cortés., P. Silva-Flores., A. Aguilar-Paredes., J.K. Romero., E. Jorquera-Fontena., Md. L. L. Mora., and F. Borie. 2022. Application of arbuscular mycorrhizal fungi in vineyards: Water and biotic stress under a climate change scenario: New challenge for Chilean grapevine. Crop Front Microbiol. 13: 826571. doi:10.3389/fmicb.2022.826571

Aguín, O,. P. Mansilla., A. Vilariño., and M. J. Sainz. 2004. Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine rootstocks. Amer J Enol Vitic. 55: 108-111. doi:10.5344/ajev.2004.55.1.108

Anzanello, R., P. V. D. Souza., and B. de Casamali. 2011. Use of arbuscular mycorrhizal AMF fungi in micropropagated grape rootstocks. Bragantia-Revista de Ciências Agron. 70 (2): 409-415.

Arioli, T., S. W. Mattner., G. Hepworth., D. McClintock., and R. McClintock. 2021. Effect of seaweed extract application on wine grape yield in Australia. J Appl Phycol. 33: 1883-1891. doi:10.1007/s10811-021-02423-1

Aslanpour, M., H. D. Baneh., A. Tehranifar., and M. Shoor. 2019. Effect of mycorrhizal fungi on macronutrients and micronutrients in the white seedless grape roots under the drought conditions. ITJEMAST 10: 3. doi:10.14456/ ITJEMAST.2019.39

Azcón-Aguilar, C., and J. M. Barea. 1997. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens - An overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6 (6): 457-464. doi:10.1007/s005720050147

Bağçevli, A. 2010. Bazı simbiyotik mikroorganizma karışımı uygulamalarının farklı asma anacı çeliklerinde köklenme ve bitki gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Konya.

Bais, H. P., T. L. Weir., L. G. Perry., S. Gilroy., and J. M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annu Rev Plant Biol. 57: 233-266. doi:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159

Baumgartner, K. 2003. Encouraging beneficial AM fungi in vineyard soil. Practical Winery and Vineyard, Jan/Feb 2003.

Baumgartner, K. 2006. The role of beneficial mycorrhizal fungi in grapevine nutrition. ASEV Technical Update 2006. 1 (1): 3.

Bavaresco, L., and C. Fogher. 1992. Effect of root infection with *Pseudomonas fluorescens* and *Glomus mosseae* in improving Fe-efficiency of grapevine ungrafted rootstocks. Vitis 31: 163-168.

Bavaresco, L., G. Canavera., M. G. Parisi., and L. Lucini. 2023. Role of foliar biostimulants (of plant origin) on grapevine adaptation to climate change. BIO Web Conf. 56: 01002. doi:10.1051/bioconf/20235601002

Bavaresco, L., M. Gatti., M. Zamboni., and C. Fogher. 2010. Role of artificial mycorrhization on iron uptake in calcareous soil, on stilbene root synthesis and in other physiological processes in grapevine. Proceedings of 33rd World Congress of Vine and Wine. Tbilisi, 20-25 Giugno 2010, OIV, Tbilisi 2010: 101-107.

Bayram, A. 2000. Bazı mikoriza türlerinin Amerikan Asma fidanlarının kök ve sürgün gelişimi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. KSÜ Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Kahramanmaraş.

Belal, B., M. El-kenawy., S. El-Mogy., and A. Mostafa Omar. 2023. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi, seaweed extract and nano-zinc oxide particles on vegetative growth, yield and clusters quality of 'Early Sweet' grapevines. Egypt J Hort. 50 (1): 1-16. doi:10.21608/ejoh.2022.167481.1217

Berdeja, M.P., Q. Ye., T. L. Bauerle., and J. E. Vanden Heuvel. 2023. Commercial bioinoculants increase root length colonization and improve petiole nutrient concentration of field-grown grapevines. HortTechnology 33 (1): 48-58. doi:10.21273/HORTTECH05110-22

Berg, G., and K. Smalla. 2009. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. FEMS Microbiol Ecol. 68: 1-13. doi:10.1111/j.1574-6941.2009.00654.x

Biasi, R., E. Brunori., S. Vanino., A. Bernardini., A. Catalani., R. Farina., A. Bruno., and G. Chilosi. 2023. Soil-Plant interaction mediated by indigenous AMF in grafted and own-rooted grapevines under field conditions. Agriculture 13 (5): 1051. doi:10.3390/agriculture13051051

Bicici, M. 2011. Bitki hastalık etmenleri ile biyolojik mücadelenin başarısını artırmada mikorizanın rolü. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi 2 (2): 139-174.

Blackwell, M., and J. W. Spatafora. 2004. Fungi and their allles. 7-21. Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods. In (Eds: Mueller, G.M., Bills, G.F., Foster, M.S). Elsevier Academic Press. 1st Edition. USA. doi:10.1016/B978-0-12-509551-8.X5000-4

Bona, E., N. Massa., G. Novello., L. Boatti., P. Cesaro., V. Todeschini., V. Magnelli., M. Manfredi., E. Marengo., F. Mignone., G. Berta., G. Lingua., and E. Gamalero. 2019. Metaproteomic characterization of the *Vitis vinifera* rhizosphere. FEMS Microbiol Ecol. 95 (1). doi:10.1093/femsec/fiy204.

Bouffaud, M. L., E. Bernaud., A. Colombet., D. Tuinen., D. Van Wipf., and D. Redecker. 2016. Regional-scale analysis of arbuscular mycorrhizal fungi: the case of Burgundy Vineyards. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin 50 (1): 1-8.

Bozkurt, A. 2018. Bazı Amerikan Asma Anaçlarında kuraklık stresi üzerine mikorizal fungusların etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Bozok Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yozgat.

Brown, P., and S. Saa. 2015. Biostimulants in agriculture. Front Plant Sci. 6: 671. doi:10.3389/fpls.2015.00671

Burke, D. J., and S. R. Carrino-Kyker. 2021. The influence of mycorrhizal fungi on rhizosphere bacterial communities in forests (Chapter 14). In: Forest Microbiology: Volume 1: Tree Microbiome: Phyllosphere, Endosphere and Rhizosphere. 1st Edition. (Eds: Asiegbu, F.O., Kovalchuk, A.) 257-275. Academic Press. USA. doi:10.1016/B978-0-12-822542-4.00017-6

Calvet, C., A. Camprubí., V. Estaún., J. Luque., F. De Herralde., C. Biel., R. Savé., and F. Garcia Figueres. 2007. Aplicación de la simbiosis micorriza arbuscular al cultivo de la vid. Vitic Enol Profesional 110: 1-7.

Camprubí, A., V. Estaún., A. Nogales., F. Garcia-Figueres., M. Pitet., and C. Calvet. 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.

Carpio, M. J., M. S. Andrades., E. Herrero-Hernández., J. M. Marín-Benito., M. J. Sánchez-Martín., and M. S. Rodríguez-Cruz. 2023. Changes in vineyard soil parameters after repeated application of organic-inorganic amendments based on spent mushroom substrate. Envir Res. 221: 115339. doi:10.1016/j.envres.2023.115339

Cataldo, E., M. Fucile., and G. B. Mattii. 2022. Biostimulants in viticulture: A sustainable approach against biotic and abiotic stresses. Plants 11: 162. doi:10.3390/plants11020162

Chen, M., M. Arato., L. Borghi., E. Nouri, and D. Reinhardt. 2018. Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi–from ecology to application. Front Plant Sci. 9: 1270. doi:10.3389/fpls.2018.01270

Cheng, X., and K. Baumgartner. 2005. Overlap of grapevine and cover-crop roots enhances ınteractions among grapevines, cover crops, and Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Soil Env Vine Mineral Nut. Symp. June 29-30, San Diego, CA. 171-174.

Cornejo, P., J. Pérez-Tienda., S. Meier., A. Valderas., F. Borie., C. Azcón-Aguilar., and N. Ferrol. 2013. Copper compartmentalization in spores as a survival strategy of arbuscular mycorrhizal fungi in Cu-polluted environments. Soil Biol Biochem. 57: 925-928. doi:10.1016/j.soilbio.2012.10.031

Çetin, E.S., Z. Güven., ve M. Ucar. 2014. The roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on some growth parameters and biochemical compounds on some Vitis rootstock. Tarım Bil Araş Derg. 7 (1): 39-44.

Daniel, S. 2007. Management of soil structure and mycorrhizal populations in vineyards using cover crops. Final Report, Research Organisation: Cooperative Research Centre for Viticulture, Project Number: CRV 02/03.

Darriaut, R., V. Lailheugue., I. Masneuf-Pomarède., E. Marguerit., G. Martins., S. Compant., P. Ballestra., S. Upton., N. Ollat., and V. Lauvergeat. 2022. Grapevine rootstock and soil microbiome interactions: Keys for a resilient viticulture. Hortic Res. 9: uhac019. doi:10.1093/hr/uhac019

Doğmuş Lehtijärvi, T. 2007. Mikoriza aşılama ve etkileri. 6. Bölüm. 3-11. Fidan Standardizasyonu, Standart Fidan Yetiştirmenin Biyolojik ve Teknik Esasları. (Ed: Yahyaoğlu, Z. ve Genç M.).Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No. 75, Isparta.

Druille, M., M. Omacini., R. A. Golluscio., and M. N. Cabello. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi are directly and ındirectly affected by glyphosate application. Appl Soil Ecol. 72: 143-149. doi:10.1016/j.apsoil.2013.06.011

Eftekhari, M., M. Alizadeh., K. Mashayekhi., H. Asghari., and B. Kamkar. 2010. Integration of arbuscular mycorrhizal fungi to grapevine (*Vitis vinifera* L.) in nursery stage. J Adv Lab Res Biol. 1 (2): 102-111.

El-Mohamedy, R. S. R., E. H. Ziedan., and A. M. Abdalla. 2010. Biological soil treatment with *Trichoderma harzianum* to control root rot disease of grapevine (*Vitis vinifera* L.) in newly reclaimed lands in Nobaria province. Archives of Phytopathol and Plant Protection 43 (1): 73-87. doi:10.1080/03235400701722004

Erdoğan, E. 2010. 5BB Asma anacı üzerine aşılı Kalecik Karası üzüm çeşidinde kokteyl mikoriza uygulamalarının vegetatif gelişme ve ürün kalitesine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Konya.

Eroğlu, D. 2014. Bazı üzüm çeşitlerinin aşılı tüplü fidan üretimlerinde farklı biyolojik preparat uygulamalarının etkileri. Yüksek Lisans Tezi. ADÜ Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Aydın.

Fors, R. O., E. Sorci-Uhmann., E. S. Santos., P. Silva-Flores., M. M. Abreu., W. Viegas., and A. Nogales. 2023. Influence of soil type, land use, and rootstock genotype on root-associated arbuscular mycorrhizal fungi communities and their impact on grapevine growth and nutrition. Agriculture 13 (11): 2163. doi:10.3390/agriculture13112163

Fracetto, G. G. M., E. M. Freitas., C. W. A. Nascimento., D. J. Silva., E. V. Medeiros., F. J. C. Fracetto., F. B. V. Silva., L. H. N. Buzó., and W. R. Silva. 2023. Phosphorus fractions and microbiological indicators in vineyards soils of a tropical semiarid setting in Brazil. Bragantia 82: e20220232. doi:10.1590/1678-4499.20220232

Gupta, M. M. 2020. Arbuscular mycorrhizal fungi: The potential soil health indicators. 183-195 p. In: Giri B, Varma A, Eds. Soil health. Soil biology, 59. Cham: Springer International Publishing. USA. doi:10.1007/978-3-030-44364-1_11

Habran, A., M. Commisso., P. Helwi., G. Hilbert., and S. Negri. 2016. Roostocks/scion/nitrogen interactions affect secondary metabolism in the grape berry. Front Plant Sci. 7: 1134. doi:10.3389/fpls.2016.01134

Haelewaters, D., Y. Gafforov., and L. W. Zhou. 2022. Editorial: Biodiversity and conservation of fungi and fungus-like organisms. Front Fungal Biol. 3: 973249. doi:10.3389/ffunb.2022.973249.

Hage-Ahmed, K., K. Rosner., and S. Steinkellner. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi and their response to pesticides. Pest Manag Sci. 75 (3): 583-590. doi:10.1002/ps.5220

Hamilton, C. E., J. D. Bever., J. Labbé., X. Yang., and H. Yin. 2016. Mitigating climate change through managing constructed-microbial communities in agriculture Agric Ecosyst Environ. 216: 304-308. doi:10.1016/j.agee.2015.10.006

Hao, Z., W. Xie., and B. Chen. 2019. Arbuscular mycorrhizal symbiosis affects plant immunity to viral infection and accumulation. Viruses 11 (6): 534. doi:10.3390/v11060534.

Hildebrandt, U., M. Regvar., and H. Bothe. 2007. Arbuscular mycorrhiza and heavy metal tolerance. Phytochemistry 68 (1): 139-46. doi:10.1016/j.phytochem.2006.09.023.

Huang N. X., A. Enkegaard., L. S. Osborne., P. M. J. Ramakers., G. J. Messelink., J. Pijnakker., and G. Murphy. 2011. The banker plant method in biological control. Crit Rev Plant Sci. 30: 259-278. doi:10.1080/07352689.2011.572055

Kadam, S. B., A. A. Pable., and V. T. Barvkar. 2020. Mycorrhiza induced resistance (MIR): a defence developed through synergistic engagement of phytohormones, metabolites and rhizosphere. Funct Plant Biol. 47: 880-890. doi:10.1071/FP20035

Kara, Z., ve A. Bağçevli. 2012. Bazı simbiyotik mikroorganizma karışımı uygulamalarının farklı asma anacı çeliklerinde bitki gelişimi üzerine etkileri. Selçuk Tarım ve Gıda Bil Derg. 26 (3): 20-28.

Kara, Z., ve Ş. Özdemir. 2009. Bazı asma anaçları ve üzüm çeşitleri çeliklerine kokteyl mikoriza (biovam) uygulamalarının fidanın vejetatif gelişmesine etkileri. Türkiye VII. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu (5-9 Ekim) Manisa. Cilt 1: 181-189.

Karaca, S. 2021. Ağrı Ovası tarım topraklarındaki organik madde miktarının diğer toprak özellikleri ve coğrafi koşullarla ilişkisi. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enst Derg. 7 (1): 233-258. doi:10.31463/aicusbed.837509

Karagiannidis, N., N. Nikolaou., and A. Mattheou. 1995. Influence of three VA-mycorrhiza species on the growth and nutrient uptake of three grapevine rootstocks and one table grape cultivar. Vitis 34 (2): 85-89.

Karayaka, M. 2021. Topraksız kültürde farklı mikoriza türleri ve besin çözeltisi dozlarının Early Cardinal üzüm çeşidinde verime ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. ÇÜ Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Adana.

Karimi, B., J. Y. Cahurel., L. Gontier., L. Charlier., M. Chovelon., H. Mahé., and L. Ranjard. 2020. A meta-analysis of the ecotoxicological impact of viticultural practices on soil biodiversity. Environ Chem Lett. 18: 1947-1966. doi:10.1007/s10311-020-01050-5

Karimi, B., V. Masson., C. Guilland., E. Leroy., S. Pellegrinelli., E. Giboulot., P. A. Maron., L. Ranjard. 2021. Ecotoxicity of copper input and accumulation for soil biodiversity in vineyards. Environ Chem Lett. 19: 2013-2030. doi:10.1007/s10311-020-01155-x

Kaur, S., and V. Suseela. 2020. Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome. Metabolites 10 (8): 335. doi:10.3390/metabo10080335

Kavak, O. 2006. Aşılı köklü tüplü asma fidanı üretiminde fidan kalite özelliklerine mycorrhiza ve humik asit uygulamalarının etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Konya.

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 (4): 393-404. doi:10.3923/ajcs.2013.393-404

Khan, A. G. 2005. Producing mycorrhizal inoculum for phytoremediation. 23. In: Willey, N. (eds) Phytoremediation. Methods in Biotechnology, Humana Press. UK. doi:10.1007/978-1-59745-098-0_7

Kılıç, D. 2014. Kokteyl mikoriza uygulamalarının aşılı asma fidanı üretiminde fidan randıman ve kalitesi üzerine etkileri. Doktora Tezi. GOP Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Tokat.

Kızgın, B. 2022. Farklı organik gübre uygulamalarının Boğazkere (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinin verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Dicle Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Diyarbakır.

Korkutal, İ., E. Bahar, ve T. Teksöz Özakın. 2019. Aşılı asma fidanlarına farklı yöntemlerle uygulanan mikorizaların, söküm dönemi fidan performansına etkileri (*Vitis vinifera* L.). ADU Ziraat Fak Derg. 16 (2): 143-152. doi:10.25308/aduziraat.537481

Korkutal, İ., E. Bahar., ve T. Teksöz Özakın. 2020. Aşılı asma (*Vitis vinifera* L.) fidanlarına farklı yöntemlerle uygulanan mikorizaların fidan tutma ve gelişme özellikleri üzerine etkileri. Mediterranean Agric Sci. 33 (2): 149-157. doi:10.29136/mediterranean.496268

Kurt, A. 2022. Bazı biyostimülant uygulamalarının Öküzgözü üzüm çeşidinde verim ve kalite üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Isparta Uyg. Bil. Üniv. Lisansüstü Eğitim Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Isparta.

Leles, N. R., W. Genta., V. V. Marques., D. J. Tessmann., and S. R. Roberto. (2022). Manejo da podridão da uva madura em videira 'Niagara Rosada'. Semina: Ciências Agrárias 43 (5): 2189-2204. doi:10.5433/1679-0359.2022v43n5p2189

Li, H. Y., G. D. Yang., H. R. Shu., Y. T. Yang., B. X. Ye., I. Nishida., C. C. Zheng. 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): 154-163. doi:10.1093/pcp/pci231

Li, X., W. Miao., C. Gong., H. Jiang., W. Ma., and S. Zhu. 2013. Effects of prometryn and acetochlor on arbuscular mycorrhizal fungi and symbiotic system. Lett Appl Microbiol. 57 (2): 122-8. doi:10.1111/lam.12084

Likar, M., and M. Regvar. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes in grapevine: the potential for sustainable viticulture? In: Varma, A., Prasad, R., Tuteja, N. (eds) Mycorrhiza - Function, Diversity, State of the Art. Springer, Cham. USA. doi:10.1007/978-3-319-53064-2_13

Linderman, R. G., and E. A. Davis. 2001.Comparative response of selected grapevine rootstocks and cultivars to inoculation with different mycorrhizal fungi. Amer J Enol Vitic. 52: 8-11. doi:10.5344/ajev.2001.52.1.8

Ling, N., T. Wang., and Y. Kuzyakov. 2022. Rhizosphere bacteriome structure and functions. Nature Com. 13: 836. doi:10.1038/s41467-022-28448-9

Mahmoudi, N., M. F. Caeiro., M. Mahdhi., R. Tenreiro., F. Ulm., M. Mars., C. Cruz., and T. Dias. 2021. Arbuscular mycorrhizal traits are good indicators of soil multifunctionality in drylands. Geoderma 397: 115099. doi:10.1016/j.geoderma.2021.115099

Marasco, R., H. Alturkey., M. Fusi., M. Brandi., I. Ghiglieno., L. Valenti., and D. Daffonchio. 2022. Rootstock-scion combination contributes to shape diversity and composition of microbial communities associated with grapevine root system. Environ Microbiol. 24 (8): 3791-3808. doi:10.1111/1462-2920.16042.

Martin, F. M., and M. G. A. Van der Heijden. 2024. The mycorrhizal symbiosis: research frontiers in genomics, ecology, and agricultural application. New Phytol. doi:10.1111/nph.19541

Meyer, A. H., A. Botha., A. J. Valentine., E. Acher., and P. J. E. Louw. 2005. The occurrence and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in inoculated and uninoculated rhizosphere soils of two-year-old commercial grapevines. South Afr J Enol Vitic. 26: 90-94.

Motosugi, H., Y. Yamamoto., T. Naruo., H. Kitabayashi., and T. Ishii. 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. doi:10.5073/vitis.2002.41.21-25

Moukarzel, R., H. J. Ridgway., L. Waller., A. Guerin-Laguette., N. Cripps-Guazzone., E. E. Jones. 2023. Soil arbuscular mycorrhizal fungal communities differentially affect growth and nutrient uptake by grapevine rootstocks. Microb Ecol. 86: 1035-1049. doi:10.1007/s00248-022-02160-z

Nasslahsen, B., Y. Prin., H. Ferhout., A. Smouni., and R. Duponnois. 2022. Mycorrhizae helper bacteria for managing the mycorrhizal soil infectivity. Front Soil Sci. 2: 979246. doi:10.3389/fsoil.2022.979246

Niem, J.M., R. Billones-Baaijens., B. Stodart., and S. Savocchia. 2020. Diversity profiling of grapevine microbial endosphere and antagonistic potential of endophytic pseudomonas against grapevine trunk diseases. Front Microbiol. 11: 477. doi:10.3389/fmicb.2020.00477

Nogales, A., A. Camrubí., V. Estaún., and C. Calvet. 2008. Mycorrhizal inoculation of grapevines in replant soils: improved field application and plant performance. http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/13365/Nogaleset:1-5.

Ochoa-Hueso, R., E. Cantos-Villar., B. Puertas., J. F. Aguiar del Rio., I. Belda., M. Delgado-Baquerizo., et al. 2024. Nature-based strategies to regenerate the functioning and biodiversity of vineyards. J Sustain Agric Environ. 3: e12088. doi:10.1002/sae2.12088

Özer, A., 2011. Tohum ve çelikten elde edilen genç asmalarda mikorizal preparasyon uygulamalarının etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Konya.

Özkara, R. 2016. Biopestisit ve biostimülant uygulamalarının tüplü asma fidan randımanı, kalitesi ve dikim sonrası fidanların gelişimine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. GOP Üniv. Fen Bil. Ens. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Tokat.

Parniske, M. 2008. Arbuscular Mycorrhiza: The mother of plant root endosymbioses. Nat Rev Microbiol. 6: 763-775.

Popescu, G. C. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungi - An essential tool to sustainable vineyard development: A Review. Curr Trends in Nat Sci. 5 (10): 107-116.

Pozo, M. J., and C. Azcón-Aguilar. 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. Curr Op Plant Biol. 10 (4): 393-398. doi:10.1016/j.pbi.2007.05.004

Repetto, O., L. Miotti., D. Belotto., and M. Borgo. 2008. Arbuscular micorizal fungi in Italian vineyards first observations. Atti 31 Congresso Mondiale della Vigna e del Vino, 15-20 Giugno, Verona.

Rivera-Becerril, F., D. Van Tuinen., O. Chatagnier., N. Rouard., J. Béguet., C. Kuszala., G. Soulas., V. Gianinazzi-Pearson., and F. Martin-Laurent. 2017. Impact of a pesticide cocktail (fenhexamid, folpel, deltamethrin) on the abundance of *Glomeromycota* in two agricultural soils. Sci of the Total Env. 577: 84-93.

Rouphael, Y., and G. Colla. 2020. Biostimulants in agriculture. Frontiers in Plant Science, 11: 40. doi:10.3389/fpls.2020.00040

Sandal Erzurumlu, G., ve E. E. Kara. 2014. Mikoriza konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar. Türk Bilimsel Derlemeler Derg. 7 (2): 55-65.

Schabl, P., C. Gabler., E. Kührer., and W. Wenzel. 2020. Effects of silicon amendments on grapevine, soil and wine. Plant Soil Env. 66 (8): 403-414. doi:10.17221/40/2020-PSE.

Schreiner, R. P. 2005. Mycorrhizas and mineral acquisition in grape vines. 49-60. In: Soil Environment and Vine Mineral Nutrition, Eds: L. P. Christensen and D. R. Smart, (Davis CA: Amer Soc of Enol and Vitic). USA.

Schreiner, R. P. 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 Appl Soil Ecol. 36, 205-215. doi:10.1016/j.apsoil.2007.03.002

Smith, S. E., and D. Read. 2008. The symbionts forming arbuscular mycorrhizas. pp 13-41. Editor(s): Smith, S.E., Read, D. Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition), Academic Press, USA. doi:10.1016/B978-012370526-6.50003-9.

Sulistiono, W., S. Tjokrodiningrat., H. Bayu Aji., B. Brahmantiyo., Z. Abdullatif., G. Gusmaini., M. Syakir., T. Alam., M. Musyadik., and S. Sudarto. 2024. Interactive effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and transplanting media improves early growth, physiological traits, and soil nutrient status of coconut 'Bido' under tropical monsoon climate. Chilean J Agric Res. 84(1), 97-109. doi:10.4067/S0718-58392024000100097

Tahat, M. M., K. M. Alananbeh., Y.A. Othman., D.I. Leskovar. (2020). Soil health and sustainable agriculture. Sustainability 12: 4859. doi:10.3390/su12124859

Trouvelot, S., L. Bonneau., D. Redecker., D. Van Tuinen., M. Adrian., and D. Wipf. 2015. Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: a review. Agron Sustain Dev. 35: 1449-1467. doi:10.1007/s13593-015-0329-7

Tvetskov, I. J., T. Dvhambazova., V. Kondakova., and R. Batchrova. 2017. Mycorrhizal fungi *Glomus* spp. and *Trichoderma* spp. in viticulture (Review). Bulgarian J Agric Sci. 20 (4): 849-855.

Van Geel, M., E. Verbruggen., M. De Beenhouwer., G. Van Rennes., B. Lievens., and O. Honnay. 2017. High soil phosphorus levels overrule the potential benefits of organic farming on arbuscular mycorrhizal diversity in northern vineyards. Agric Ecosystems Envir. 248: 144-152. doi:10.1016/j.agee.2017.07.017

Van Loon, L. C. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. Eur J Plant Pathol. 119: 243-254. doi:10.1007/s10658-007-9165-1

Van Rooyen, M., A. Valentine., E. Archer. 2004. Arbuscular mycorrhizal colonisation modifies the water relations of young transplanted grapevines (*Vitis*). S Afr J Enol Vitic. 25 (2): 37-42. doi:10.21548/25-2-2137

Vincze, É-B., A. Becze., É. Laslo., and G. Mara. 2024. Beneficial soil microbiomes and their potential role in plant growth and soil fertility. Agriculture 14 (1): 152. doi:10.3390/agriculture14010152

Visconti, F., R. López., and M. Á. Olego. 2024. The health of vineyard soils: Towards a sustainable viticulture. Horticulturae 10 (2): 154. doi:10.3390/horticulturae10020154

Weng, W., J. Yan., M. Zhou., X. Yao., A. Gao., C. Ma., J. Cheng., and J. Ruan. 2022. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi as a biocontrol agent in the control of plant diseases. Microorganisms 10 (7): 1266. doi:10.3390/microorganisms10071266.

White, R. E. 2020. The value of soil knowledge in understanding wine terroir. Front Environ Sci., 8, 1-6. doi:10.3389/fenvs.2020.00012

Yang, J., J. W. Kloepper., and C. M. Ryu. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Sci 14:1-4. doi:10.1016/j.tplants.2008.10.004

Zaller, J. G., C. Cantelmo., G. Dos. Santos., S. Muther., E. Gruber., P. Pallua., and F. Faber. 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. 25 (23): 23215-23226. doi:10.1007/s11356-018-2422-3

Zanathy, G., A. Donko., G. Lukacsy., P. Bodor., and G. D. Bisztray. 2011. The importance of the mycorrhizal fungi in the viticulture. Kertgazdaság-Horticulture 43 (1): 34-46.

Zhuang, X., J. Chen., H. Shim., and Z. Bai. 2007. New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. Environ Int. 33: 406-413. doi:10.1016/j.envint.2006.12.005