DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2011.107570

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران
جلد ۱۹ شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۰۰-۲۹۱، (۱۳۹۰)

تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر برخی ویژگیهای مرفولوژیک و فیزیولوژیک نهالهای خنجوک (*Pistacia khinjuk*) تحت تنش خشکی

جواد میرزایی[۱]، مسلم اکبری‌نیا[۲*]، ابراهیم محمدی گل‌تپه[۳]، مظفر شریفی[٤] و یونس رضایی دانش[٥]

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور. پست الکترونیک: akbarim@modares.ac.ir

۳- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

٤- استادیار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

٥- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/٦/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر ویژگیهای مرفولوژیک و فیزیولوژیک نهالهای خنجوک تحت تنش خشکی، ابتدا این قارچ‌های همزیست در رویشگاه‌های گونه خنجوک (*Pistacia khinjuk*) در استان ایلام جداسازی و شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش کشت تله‌ای بر روی ذرت به‌مدت ۵ ماه تکثیر و در یک آزمایش گلخانه‌ای به‌منظور بررسی اثر میکوریز بر ویژگیهای مرفولوژیک و فیزیولوژیک نهالهای تحت تنش خشکی در سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی از آنها استفاده شد. نتایج نشان داد که زنده‌مانی نهالها در پایان فصل رشد در بین تیمارهای مختلف یکسان بود، اما سایر مشخصه‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی نهالها تحت تأثیر میکوریزای آربسکولار و تنش خشکی قرار گرفت. به‌طوری که این قارچ‌ها همانند آبیاری سبب افزایش قطر یقه، ارتفاع، طول جوانه انتهایی، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، سطح برگ، فتوسنتز و تعرق نهال خنجوک شدند. قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بعکس آبیاری، بر روی طول ریشه، وزن خشک ریشه، دمای سطح برگ و هدایت روزنه‌ای اثر معنی‌داری نداشتند. براساس نتایج این تحقیق، میکوریز اثری مشابه با آبیاری بر روی خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال داشته است. بنابراین می‌توان همزیست شدن نهالها را قبل از نهال‌کاری در عرصه برای مناطق خشک و نیمه‌خشک پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های میکوریزی آربسکولار، مرفولوژیک، فیزیولوژیک، تنش خشکی، *Pistacia khinjuk*، ایران.

مقدمه

خشکی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده در رشد و استقرار بیشتر گونه‌های گیاهی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مدیترانه‌ای محسوب می‌شود. احیای این مناطق با گونه‌های بومی به‌جهت سازگاری بیشتر و افزایش تنوع زیستی، یکی از راهکارهای مناسب برای اصلاح این مناطق است. برای موفقیت در این امر لازم است روش‌هایی بکار گرفته شود تا از طریق بهبود جذب آب و عناصر غذایی، توانایی نهالها را برای استقرار در این مناطق افزایش دهد. در این زمینه یکی از راهکارهایی که توسط محققان پیشنهاد شده، همزیست کردن نهالها با قارچ‌های میکوریزی است (Palenzuela *et al*., 2002; Caravaca *et al*., 2003; Caravaca *et al*., 2002). میکوریز به همزیستی اجباری بین قارچ‌های ریشه‌ای و

گیاهان عالی گفته می‌شود که در این همزیستی قارچ‌ها با افزایش سطح جذب ریشه، آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و نیتروژن را از خاک گرفته و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و گیاه نیز هیدروکربن‌های مورد نیازشان را در اختیار آنها قرار می‌دهد. اولین گزارش در زمینه اثرات احتمالی قارچ‌ها بر رشد گونه‌های گیاهی در سال ۱۸۸۱ (Sjoberg, 2005) ارائه شد. در حالی‌که براساس مطالعات فسیل‌شناسی، همزیستی‌های میکوریزی از ٤٥٠ میلیون سال پیش یعنی از دوران اردویسین وجود داشته است (Redecker *et al*., 2000). امروزه دو نوع میکوریز شناخته شده است؛ دسته اول قارچ‌های اکتومیکوریزی می‌باشند که در سطح خارجی پوست ریشه گیاه تشکیل غلاف هیفی می‌دهد. این نوع میکوریزها با ریشه بیشتر گیاهان مناطق معتدله همزیستی دارند. اما دسته دوم، قارچ‌های اندومیکوریز هستند که در بین و داخل سلول‌های ریشه گیاه میزبان قرار دارند (Quilambo, 2003). این دسته خود شامل Arbuscular، Ericoid، Arbutoid، Ectendomycorrhizas، Orchid و Monotropoid هستند (Peterson *et al*., 2004). قارچ‌های آربسکولار از شناخته شده‌ترین نوع قارچ‌های میکوریزی بوده که پراکنش وسیع‌تری داشته و با بیش از ۹۰ درصد گونه‌های گیاهی (Fan *et al*., 2008) به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک (Diagne *et al*., 2001) همزیستی دارند. برخی از محققان با مطالعه بر روی قارچ‌های میکوریزی به نتایج بسیار خوبی در تحقیقاتشان دست یافته‌اند. در تحقیقی، بردباری گیاه *Lactuca sativa* در برابر تنش خشکی تحت ۷ گونه میکوریزی بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد که قارچ‌های میکوریزی بر مبنای کاهش نسبی در وزن خشک ساقه بر روی بردباری در برابر خشکی تأثیرگذار هستند (Ruiz-lozano *et al*., 1995). در تحقیقی دیگر، واکنش گونه درختی (*Senna spectabilis*) به تنش‌های خشکی در حضور قارچ‌های میکوریزی بررسی شد که براساس نتایج، قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش بیومس، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه، ارتفاع و قطر یقه شده بودند (Kungu *et al*., 2008). در مطالعات دیگری از قارچ‌های میکوریزی برای کاهش تأثیر تنش خشکی در گونه‌های (Farahani *et al*., 2008) *Coriandrum sativum*، (Green *et al*., 2005) *Pistacia lentiscus*، *Fagus sylvatica* (Shi *et al*., 2002) و *Arachis hypogaea* (Quilambo, 2000) استفاده شده است. در بسیاری از تحقیقات به اثرهای مفید قارچ در افزایش رشد و جذب مواد غذایی در گونه‌های *Pistacia lentiscus*، *Rhamnus lycioides* (Palenzuela *et al*., 2002) *Olea europaea*، (Sharifi *et al*., 2007)، بامبو (*Dendrocalamus strictus*) (Muthukumar & Udaiyan, 2006)، *Lotus glaber* (Sannazzaro *et al*., 2004)، *Gnaphalium norvegicum* (Ruotsalainen & Kytöviita, 2004)، *Pistacia Robinia pseudoacacia* (Tian *et al*., 2003)، *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al*., 2002) و پسته (*Pistacia vera*) (فلاحیان و همکاران، ۱۳۸٤؛ محمودی و همکاران، ۱۳۸۲) اشاره شده و در برخی نیز فعالیت‌های فیزیولوژیکی نهالهای تحت تنش مطالعه شده است (Ruiz-lozano *et al*., 1995; Farahani *et al*., 2008; Fan *et al*., 2008). با این حال، این گونه مطالعات در ایران محدود بوده و تاکنون مطالعات بسیار کمی به‌ویژه برای گونه‌های جنگلی انجام شده است. این تحقیق در نظر دارد تا تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار همزیست با پایه‌های مادری را پس از جداسازی و تکثیر بر روی فعالیت‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی نهالهای خنجوک بررسی نماید. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌های احیایی مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار کاربردی باشد.

مواد و روشها

استخراج، شناسایی و تکثیر قارچ‌ها

به‌منظور شناسایی و استخراج قارچ‌های همزیست با ریشه درختان *Pistacia khinjuk* در استان ایلام، ابتدا رویشگاه‌های این گونه بر روی نقشه‌های توپوگرافی تفکیک شده، سپس در داخل هر رویشگاه و در دو فصل بهار و پاییز، در قسمت سایه‌انداز درخت تعدادی نمونه ترکیبی (حداقل ۳ نمونه) از خاک به‌همراه ریشه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید (Bouamri *et al*., 2006; Powers *et al*., 2005; Marx *et al*., 2002). به‌منظور استخراج قارچ‌ها از روش الک مرطوب و سانتریفوژ کردن با ساکارُز استفاده شد (Rajni & Mukerji, 2002) و سپس از طریق خصوصیات مرفولوژیکی شناسایی گردیدند (Fan *et al*., 2008). برای شناسایی قارچ‌ها پس از تهیه اسلایدهای دائمی، از پایگاه‌های اینترنتی www.amf-phylogeny.com، http://www.lrz.de/~schuessler/amphylo، http://invam.caf.wvu.edu و کلید شناسایی Schenck & Perez (1989) استفاده گردید. در این تحقیق برای تکثیر و تولید انبوه قارچ‌های میکوریزی از روش کشت تله‌ای (Trap culture) و گیاه ذرت که مناسبترین روش برای تولید و تکثیر انبوه می‌باشد، استفاده شد (Fan *et al*., 2008). برای این منظور ۱۰۰ گرم از خاک منطقه به‌روش سنتی و در محیط ماسه سترون، پیت و رس (به‌نسبت ۲:۱:۱) در گلدان‌های ۳ کیلویی در مجاورت ریشه گیاه قرار گرفت. پس از ٤ ماه ریشه گیاه از نظر درصد آلودگی مورد بررسی قرار گرفت و از ریزوسفر گیاه که شامل اسپور، هیف و قطعات ریشه‌ای بود به‌عنوان ماده تلقیحی استفاده گردید (Caravaca *et al*., 2002; Green *et al*., 2005). به‌طوری که اینوکولوم تهیه شده شامل ۵ اسپور سالم در هر گرم خاک بود. برای تیمار بدون میکوریز، همان میزان اینوکولوم دو بار در دمای ۱۲۰ درجه و به‌مدت ۲ ساعت اتوکلاو گردید (Green *et al*., 2005).

آزمایش گلخانه‌ای

این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای با میانگین دما، رطوبت و نور به‌ترتیب روزانه ۳/۳۳ ± ۲۲/۸ درجه سانتی‌گراد، ۹/۲۷ ± ۳۵/۷۷ درصد و ۲/۲۹۵ ± ٤/۰۵۷ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و شبانه ۱/٦۵ ± ۱۷/۷٦ درجه سانتی‌گراد، ۱۰/۷۱ ± ٤۳/۹۳ درصد و ۰/۱٦۵ ± ۰/۲۵۳ میکرومول بر مترمربع در ثانیه، در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. برای این منظور در داخل گلدان‌های پلاستیکی (۲۵ سانتی‌متر عرض × ۵۰ سانتی‌متر ارتفاع)، خاک سترون شده که ظرفیت زراعی آن براساس روش وزنی تعیین شده بود، قرار داده شد و سپس بذرهای جوانه زده به‌همراه اینوکولوم تهیه شده به‌میزان ۱۰ درصد در داخل آنها قرار گرفت. تا زمان استقرار کامل نهالها، روزانه گلدان‌ها را به‌میزان ظرفیت زراعی آبیاری نموده و سپس تیمارهای خشکی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در قالب یک طرح فاکتوریل اعمال شدند. در نهایت، در پایان دوره رویش (پس از ۸ ماه) اندازه‌گیری مربوط به زنده‌مانی، ارتفاع نهال، قطر یقه، تعداد برگها، سطح برگ، طول جوانه انتهایی، وزن تر قسمت هوایی و ریشه نهال، وزن خشک قسمت هوایی و ریشه نهال، طول ریشه، حجم ریشه، میزان کلروفیل برگ، دمای سطح برگ، فتوسنتر، تبخیر و تعرق و هدایت روزنه‌ای انجام شد. برای اندازه‌گیری مشخصه‌های فیزیولوژیکی از دستگاه‌های LCA 4، ACD، SPAD 100، MiniTemp و Leaf area meter استفاده گردید. پس از برداشت داده‌ها، به‌منظور تجزیه و تحلیل آنها، ابتدا توسط آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لون تست نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها، انجام شد. سپس با استفاده از تجزیه واریانس

دوطرفه و آزمون دانکن تیمارهای مختلف با همدیگر مقایسه شدند.

نتایج

قارچ‌های میکوریزی آربسکولار *Glomus fasiculatum* (Thaxter) Gerd & Trappe emend، *G. geosporum* (Nicolson & Gerdemann) Walker، *G. mosseae* (Nicol & Gerd) Gerdemann، *G. claroideum* Schenck & Smith، *G. ambiosporum* Smith & Schenck و *G. intraradices* Schenck & Trappe به‌عنوان گونه‌های همزیست با خنجوک معرفی شدند که پس از تکثیر آنها با استفاده از روش تله‌ای، از آنها به‌عنوان اینوکولوم استفاده گردید.

تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر ویژگیهای مرفولوژیک نهالهای خنجوک

نتایج نشان داد که تیمار میکوریز بر روی تمامی مشخصه‌های اندازه‌گیری شده غیر از زنده‌مانی، طول ریشه و وزن خشک ریشه اثر معنی‌داری داشته، در حالی‌که تیمار آبیاری تنها بر روی زنده‌مانی اثر معنی‌دار نداشته (جدول ۱)، به‌طوری که برای تمام سطوح ظرفیت زراعی، مشخصه‌های قطر یقه، ارتفاع نهال، طول جوانه انتهایی، تعداد برگ، وزن تر قسمت هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک قسمت هوایی، وزن خشک ریشه، حجم ریشه و سطح برگ در تیمار میکوریز بیشتر از تیمار غیر میکوریز بود (جدولهای ۲ و ۳). همچنین آبیاری اثر مثبتی بر روی تمامی مشخصه‌های مرفولوژیکی اندازه‌گیری شده به‌غیر از زنده‌مانی داشت.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس مشخصه‌های مرفولوژیکی نهال خنجوک در تیمارهای مختلف

مشخصه‌های اندازه گیری شده	آربسکولار میکوریزا		آبیاری		میکوریز × آبیاری	
	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری
زنده‌مانی (درصد)	۱/۵٦	۰/۲۲۹^{ns}	۲/۳۹	۰/۱۰٦^{ns}	۲/۲۲	۰/۱۲٤^{ns}
قطر یقه (میلی‌متر)	۹/۱۰	۰/۰۰٤**	۱۵/۳۹	۰/۰۰۰**	۱/۹٦	۰/۱۲۸^{ns}
ارتفاع نهال (سانتی‌متر)	٤/۵٦	۰/۰۳٦*	۱۱/۹۵	۰/۰۰۰**	۰/۳۹٤	۰/۷۵۸^{ns}
طول جوانه انتهایی (سانتی‌متر)	۱۷/۳۸	۰/۰۰۰**	۷/۱۸	۰/۰۰۰**	۱/۰۱	۰/۳۹۰^{ns}
طول ریشه (سانتی‌متر)	۱/۰۱	۰/۳۲۱^{ns}	٦/۲۵	۰/۰۰۲**	۱/۳٦	۰/۲۷۰^{ns}
تعداد برگ	۸/۷۸	۰/۰۰٤**	۳۲/۲۷	۰/۰۰۰**	۰/۵۰۳	۰/٦۸۲^{ns}
وزن تر قسمت هوایی (گرم)	٦/۳۷	۰/۰۱٦*	۲۹/٤٤	۰/۰۰۰**	۰/۵٤٦	۰/٦۵٤^{ns}
وزن تر ریشه (گرم)	۷/۳۲	۰/۰۱۰*	۲۳/۳۹	۰/۰۰۰**	۰/۹۲۲	۰/٤٤۰^{ns}
وزن خشک قسمت هوایی (گرم)	٦/۷۸	۰/۰۱۳*	۲۰/۹۱	۰/۰۰۰**	۰/۵۹۱	۰/٦۲۵^{ns}
وزن خشک ریشه (گرم)	۳/٤۲	۰/۰۷۳^{ns}	۱۸/۲٦	۰/۰۰۰**	۰/٤٤٤	۰/۷۲۳^{ns}
حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب)	۱۳/۹٦	۰/۰۰۱**	۱۵/۲۹	۰/۰۰۰**	۰/۳۵۱	۰/۷۸۹^{ns}
سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	۱۱/۸۱	۰/۰۰۱**	۸/۹۷	۰/۰۰۱**	۱/۰۵	۰/۳۷۹^{ns}

**: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، *: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین‌های مشخصه‌های مرفولوژیکی در تیمارهای مختلف (آزمون دانکن)

تیمار	وزن تر قسمت هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک قسمت هوایی (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
M-100	۱۰/۹۲±۲/۵۸ a	۱٤/٦٥±۳/۷۸ a	٤/۷۷±۱/۳٦ a	۳/۱٥±۰/۷۹ a	۱۱/٥۷±۱/٦ a	۳۳/۳۷±۷/٤ a
N-100	۸±۰/٦۳ b	۱۱/٥۷±۱/٦۲ a	۳/۳۲±۰/۲٦ abc	۲/٤±۰/۳۱ ab	۱۰/۷٥±۲/۹ ab	۱٦/٥٦±۳/۲ bcd
M-75	۸/٦۱±۱/۰٥ ab	۱۳/۷۸±۰/۷۷ a	٤/۲۸±۰/٥۹ ab	۳/۲٥±۰/۳٥ a	۱۳/۷۸±۰/۷ a	۲٦/۲۱±٤/۱ ab
N-75	٦/۳٥±۱/۰۱ bc	۱۰/٥۸±۱/٥٦ ab	۲/۹۱±۰/٤۸ bc	۲/۷±۰/٤۲ ab	۱۰/٥۸±۱/٥ bc	۲۰/۸±۲/۰۱ bc
M-50	٤/۹٥±۰/۹٦ cd	۱۰/۹٥±۰/۸٥ a	۲/٤۱±۰/٤٥ cd	۲/٤۱±۰/۱۰۱ ab	۱۰/۹±۰/۸٥ ab	۲۲/۸٤±۳/۳ bc
N-50	۲/۸٥±۰/٥۱ de	۷/۰۸±۰/٤٦ bc	۱/۳٥±۰/۲۷ de	۱/۸۳±۰/۲۱ bc	۷/۰۸±۰/٤٦ cd	۱٥±۲/۹۸ cd
M-25	۱/٥٥±۰/۳۱ e	٤/۰٦±۰/٤٤ c	۰/۷۳±۰/۱٥ e	۱/۱۲±۰/۱٤ cd	٤/۰٦±۰/٤٤ cd	۱۲/۷٦±۲/۱ cd
N-25	۱/۰۸±۰/۱٦ e	۳/۷٦±۰/٥۱ c	۰/٥۳±۰/۰۸ e	۱/۰۳±۰/۱۱ c	۳/۷٦±۱/۲ d	٦/٦۱±۱/۷ d

M-100: (میکوریز- ظرفیت زراعی ۱۰۰)، N-100: (غیر میکوریز- ظرفیت زراعی ۱۰۰)، M-75: (میکوریز- ظرفیت زراعی ۷۵)، N-100: (غیر میکوریز- ظرفیت زراعی ۷۵)، M-50: (میکوریز- ظرفیت زراعی ۵۰)، N-50: (غیر میکوریز- ظرفیت زراعی ۵۰)، M-25: (میکوریز- ظرفیت زراعی ۲۵)، N-25: (غیر میکوریز- ظرفیت زراعی ۲۵) و حروف لاتین (a، b، c، d، e و f) نشان دهنده اختلاف بین تیمارهاست.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین‌های مشخصه‌های مرفولوژیکی در تیمارهای مختلف (آزمون دانکن)

تیمار	زنده‌مانی (درصد)	قطر یقه (میلی‌متر)	ارتفاع نهال (سانتی‌متر)	طول جوانه انتهایی (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	تعداد برگ
M-100	٤۱/٦٦±۱/٦٦	٤/۰۱±۰/٥۲ a	۲۷/٦۲±٦/۳٦ a	۹/۳۷±۲ a	۹۱/۲±۱۰/۸ abcd	۲۱/۳۷±۲/۳ ab
N-100	۳۸/۳۳±۱/٦٦	۳/۹٤±۰/۲۲ a	۱۹/۱۲±۲/۰٥ abc	۳/٥±۱/۰٥ bc	۷۷±٥/۳ d	۲۰/۳۷±۱/۲ abc
M-75	٤۳/۳۳±۱/٦٦	۳/۹۹±۰/۲۲ a	۲۲/۸۸±۳/۹۳ ab	٤/۹٤±۱/٤ b	۱۱۰/۸±٤/٥ ab	۲٤/٦٦±۱/٤ a
N-75	٤۳/۳۳±۱/٦٦	۳/۱٤±۰/۱٤ bc	۱۹±٤/۰٤ abc	۲/۳۳±۰/۸٦ bc	۱۱٤/۱±٦/۸ a	۲۰/۱۱±۱/٥ bc
M-50	٤۳/۳۳±۱/٦٦	۳/۷٤±۰/۲۲ ab	۱۳/۸±۱/۸٤ bcd	۳/٤٤±۱/٤۱ bc	۸٤/۱±۹/۳٤ cd	۱٦/٤٤±۲ cd
N-50	٤٦/٦٦±٤/٤	۲/۷۳±۰/۲۱ cd	۹/۸۳±۱/۱٥ cd	۰/۳۳±۰/۲۳ c	۱۰۸/۳±٤/٥ abc	۱۲/۸±۰/۸۸ de
M-25	٥۰±۲/۸۸	۲/٤۸±۰/۱٦ cd	۸/۷٥±٦/۰٦ d	۲/٥٥±۱/۱۱ bc	۷٥±٥/۹ d	۱۱/٦±۰/۷۱ e
N-25	٤۱/٦٦±۱/٦٦	۲/۳٤±۰/۰۹ d	٦/۷٥±۰/٦۲ d	۰/٥±۰/٥ c	۸٦/٦±۹/٤٥ bcd	۸/٦±۰/۸۸ e

تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر ویژگیهای فیزیولوژیک نهالهای خنجوک

نتایج نشان داد که تیمار میکوریز بر روی تعرق و کلروفیل تأثیر معنی‌دار داشته، در حالی‌که اثر آن بر روی فتوسنتز، دمای سطح برگ و هدایت روزنه‌ای معنی‌دار نبوده، اما آبیاری بر روی تمامی مشخصه‌های اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری داشته است (جدول ٤). میزان تعرق و فتوسنتز تحت تأثیر تیمار میکوریز برای تمام سطوح ظرفیت زراعی، به‌جز ظرفیت زراعی ۵۰، از تیمار غیر میکوریزی بیشتر بود (جدول ۵). تیمار آبیاری روی تعرق، فتوسنتز، کلروفیل و هدایت روزنه‌ای اثر مثبت و سبب کاهش دمای سطح برگ نهال گردید (جدول ۵).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس مشخصه‌های فیزیولوژیکی در تیمارهای مختلف

مشخصه‌های اندازه‌گیری شده	آربسکولار میکوریزا		آبیاری		میکوریز × آبیاری	
	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری	آماره F	معنی‌داری
تعرق ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$)	٤/٦١	*۰/۰۳٦	۳۰/٤۹	**۰/۰۰۰	۱/٤۵	^{ns}۰/۲۳٦
دمای سطح برگ (سانتی‌گراد)	۱/۱٤	^{ns}۰/۱۸۹	۵۳/۰٤	**۰/۰۰۰	۲/۸۲	*۰/۰٤۵
هدایت روزنه‌ای ($mol\ m^{-2}s^{-1}$)	۳/۹۳	^{ns}۰/۰۵۲	۲٤/٤٤	**۰/۰۰۰	۱/٤۱	^{ns}۰/۲٤۸
فتوسنتز ($umol\ m^{-2}s^{-1}$)	۹/۲٤	**۰/۰۰٤	۱۸/۹۳	**۰/۰۰۰	۷	**۰/۰۰۰
کلروفیل (SPAD)	٤/۷۷	*۰/۰۳۳	۷/۱۱	**۰/۰۰۰	۳/۵۳	*۰/۰۲۰

**: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، *: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین‌های مشخصه‌های فیزیولوژیکی در تیمارهای مختلف (آزمون دانکن)

تیمار	تعرق ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$)	دمای سطح برگ (سانتی‌گراد)	هدایت روزنه‌ای ($mol\ m^{-2}s^{-1}$)	فتوسنتز ($umol\ m^{-2}s^{-1}$)	کلروفیل (SPAD)
M-100	۱/۲٦±۰/۱۷ a	۲٤/۷±۰/۲٦ b	۰/۰٤±۰/۰۰۵ a	٤/۷۷±۰/۷۲ ab	۲/۳۵±۰/٤۳ cd
N-100	۰/۹۷٦±۰/۱٦ b	۲٦/۰۷±۰/۱۳ a	۰/۰۲۷±۰/۰۰۵ a	۳/۵۵±۰/۹۳ bc	۳/۵±۱/۰۵ bcd
M-75	۰/۸۹۸±۰/۰٤ bc	۲۳/۳۱±۰/۱ c	۰/۰۲۷±۰/۰۰۱ b	۵/۷±۰/۷۱ a	۲/۲۳±۰/۲۸ cd
N-75	۰/٦۹±۰/۱۳ cd	۲۲/٦٦±۰/۰۹ d	۰/۰۲۲±۰/۰۰۵ bc	۱/٦۸±۰/۵٤ de	۲/۱۵±۰/۲٦ d
M-50	۰/۵۰۸±۰/۰٤ de	۲۳/۰۹±۰/۱۲ c	۰/۰۱٦±۰/۰۰۲ cd	۱/۹۵±۰/۳۷ cde	۳/۱٦±۰/۲۷ bc
N-50	۰/۵۹٦±۰/۰۵ de	۲۳/۲۲±۰/۰٦ c	۰/۰۱۸±۰/۰۰۲ bc	۲/٤۹±۰/۱۹ cd	۳/۳۱±۰/۲۸ ab
M-25	۰/۳۲٤±۰/۰۵ ef	۲۲/۲۳±۰/۱ e	۰/۰۰۷±۰/۰۰۲ de	۰/٤۹±۰/۳٦ e	۲/۵۱±۰/۳۱ bcd
N-25	۰/۱٦۱±۰/۰٤ f	۲۲/٦٤±۰/۰۳ d	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲ e	۰/٤۳±۰/۳۱ e	٤/۱۲±۰/۳۲ a

بحث

در این تحقیق مشخص شد که قارچ‌های میکوریزی و آبیاری اثرهای مشابهی بر خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهالهای خنجوک دارند. به‌طوری که قارچ‌های آربسکولار همانند آبیاری سبب افزایش قطر یقه، ارتفاع، طول جوانه انتهایی، تعداد برگ، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، سطح برگ و تبخیر و تعرق نهال خنجوک گردید. Rutto & Mizutani (2006) با مطالعه بر روی درخت هلو (*Prunus persica*) نشان دادند که قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش رشد نهالها گردیده‌اند. Rueda-puente *et al*. (2010) با مطالعه بر روی گونه *Capsicum annuum* به نتایج مشابهی دست یافتند. علاوه بر این اثرات مفید قارچ بر رشد سایر گونه‌های گیاهی مانند سویا (Sharifi *et al*., 2007)، *Dendrocalamus strictus* (Muthukumar & Udaiyan, 2006)، *Lotus glaber* (Sannazzaro *et al*., 2004)، *Gnaphalium norvegicum* (Ruotsalainen & Kytöviita, 2004)، *Robinia pseudoacacia* (Tian *et al*., 2003)، *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al*., 2002) و *Pistacia vera* (فلاحیان و همکاران، ۱۳۸٤؛ محمودی و همکاران، ۱۳۸۲) نیز گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

در تحقیق حاضر همچنین مشاهده شد که قارچ‌های آربسکولار بر وزن خشک گیاه نیز تأثیرگذار می‌باشند. در این رابطه نیز با مطالعه بر روی گیاه توت فرنگی مشخص شد که وزن خشک گیاه تلقیح شده ۳۱ درصد بیشتر از گیاه غیر میکوریزی بوده است (Fan *et al*., 2004). علاوه بر این افزایش وزن خشک و قطر ساقه در نهال میکوریزی *Senna spectabilis* نیز مشاهده شده است (Kungu *et al*., 2008).

همچنین مشاهده شد که قارچ‌های آربسکولار اثر مشابه آبیاری بر فتوسنتز و تعرق نهال خنجوک دارند. به‌طوری که هر دو تیمار سبب افزایش میزان فتوسنتز و تعرق نهال شده بودند. به‌عبارتی قارچ‌های میکوریزی با افزایش جذب آب و بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه، سبب افزایش میزان فتوسنتز و تعرق گیاه شده‌اند. Kothari *et al*. (1990) نیز با مطالعه بر روی ذرت به نتیجه مشابهی دست یافتند.

علاوه بر این، در این تحقیق قارچ‌های آربسکولار اثری مشابه آبیاری بر روی میزان کلروفیل برگها گذاشته بود و هر دو سبب بهبود وضعیت آن شدند. به‌طوری که در گیاهان غیر میکوریزی و زمانی که گیاه تحت تنش خشکی قرار گرفته بود، برگها چرمی و سبز تیره و از شادابی کمتری برخوردار شدند. Selvaraj (1998) نیز با مطالعه بر روی کهور (*Prosopis juliflora*) در هند، اثرات مفید قارچ‌ها را در بهبود وضعیت کلروفیل برگ نهال مشاهده کرد.

در مجموع با توجه به اثرات مفیدی که قارچ‌های میکوریزی آربسکولار در افزایش رشد قطری، ارتفاعی و سایر مشخصه‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک نهالهای خنجوک داشتند و به‌ویژه این که اثراتی مشابه آبیاری بر روی نهالها داشتند، می‌توان آن را به‌عنوان یک راهکار برای بهبود نهال‌کاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس پیشنهاد داد. به‌عبارت دیگر، در مناطقی که امکان آبیاری وجود ندارد، همزیست کردن نهال با این قارچ‌ها می‌تواند به افزایش موفقیت در استقرار و رشد گونه‌های بومی منطقه کمک کند.

منابع مورد استفاده

- فلاحیان، ف.، عباسپور، ح.، فهیمی، ح. و خاوری‌نژاد، ر.، ۱۳۸٤. بررسی تأثیر قارچ اندومیکوریز بر تغذیه معدنی و رشد گیاه پسته (*Pistacia vera* L.) در شرایط شوری. پژوهش و سازندگی، ٦۷: ۸٦-۸۲.
- محمودی، م.، فهیمی، ح. و خوشرو، س.م.، ۱۳۸۲. بررسی اثر تغذیه فسفری و قارچ میکوریزی وزیکولار-

آربسکولار بر روی رشد و جذب عناصر P و N در گیاه پسته (*Pistacia vera* L.). پژوهش و سازندگی، ۵۸: ۲۹-۲۳.

- Bouamri, R., Dalpe, Y., Serrhini, M.N. and Bennani, A., 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco. African Journal of Biotechnology, 5(6): 510-516.
- Caravaca, F., Barea, J.M. and Roldan, A., 2002. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semiarid soil. Soil Biology and Biochemistry, 34: 1139-1145.
- Caravaca, F., Alguacil, M.M., Figueroa, D., Barea, J.M. and Roldan, A., 2003. Re-establishment of *Retama sphaerocarpa* as a target species for reclamation of soil physical and biological properties in a semi-arid Mediterranean area. Forest Ecology and Management, 182: 49-58.
- Diagne, O., Ingleby, K., Deans, J.D., Lindley, D.K., Diaite, I. and Neyra, M., 2001. Mycorrhizal inoculum potential of soils from alley cropping plots in Senegal. Forest Ecology and Management, 146: 35-43.
- Fan, Y., Luan, Y., An, L. and Yu, K., 2008. Arbuscular mycorrhizae formed by *Penicillium pinophilum* improve the growth, nutrient uptake and photosynthesis of strawberry with two inoculum-types. Biotechnology Letters, 30 (8): 1489-1494.
- Farahani, A., Lebaschi, H., Hussein, M., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R. and Daneshian, J., 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Medicinal Plants Research, 2 (6): 125-131.
- Green, J.J., Baddeley, J.A., Cortina, J. and Watson, C.A., 2005. Root development in the Mediterranean shrub *Pistacia lentiscus* as affected by nursery treatment. Journal of Arid Environment, 61: 1-12.
- Kothari, S.K., Marschner, H. and George, E., 1990. Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganism on root and shoot morphology, growth and water relations in maize. New Phytol., 116: 303-311.
- Kungu, J.B., Lasco, R., Delacruz, L., Delacruz, R. and Husain, T., 2008. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna spectabilis*. Pak. J. Bot., 40 (5): 2217-2224.
- Marx, D.H., Marrs, L.F. and Cordell, C.E., 2002. Practical use of the mycorrhizal fungal technology in forestry, reclamation, arboriculture, agriculture and horticulture. Dendrobiology, 47: 27-40.
- Muthukumar, T. and Udaiyan, K., 2006. Growth of nursery-grown bamboo inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria in two tropical soil types with and without fertilizer application. New Forests, 31: 469-485.
- Palenzuela, J., Azcon, C., Figueroa, D., Caravaca, F., Roldan, A. and Barea, J.M., 2002. Effects of mycorrhizal inoculation of shrubs from Mediterranean ecosystems and composed residue application on transplant performance and mycorrhizal development in a desertified soil. Biol. Fertile Soils, 36: 170-175.
- Peterson, R.L., Masssicotte, H.B. and Meliville, L.H., 2004. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. NRC research press, 173 p.
- Powers, J.S., Treseder, K.K. and Lerdau, M.T., 2005. Fine roots, arbuscular mycorrhizal hyphae and soil nutrients in four neotropical rain forests: patterns across large geographic distances. New Phytologist, 165: 913-921.
- Quilambo, O.A., 2000. Functioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under nutrient deficiency and drought stress in relation to symbiotic association. Ph.D. thesis, University of Groningen, the Netherlands, 168 p.
- Quilambo, O.A., 2003. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. African Journal of Biotechnology, 2 (12): 539-546.
- Rajni, G. and Mukerji, K.G., 2002. Techniques for the isolation of VAM/AM fungi in soil. In: Mukerji, K.G., Manoharachary, C. and Chaloma, B.P., (Eds.), Techniques in mycorrhizal studies, Kluwer. Academic Publishers, London: 1-6.
- Redecker, D., Kodner, R. and Graham, L.E., 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. Science, 289: 1920-1921.
- Rueda-Puente, E.O., Murillo-Amador, B., Castellanos-Cervantes, T., García-Hernández, J.L., Tarazòn-Herrera, M.A., Medina, S.M. and Barrera, L.E.G., 2010. Effects of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal on *Capsicum annuum* L. var. *aviculare* ([Dierbach] D'Arcy and Eshbaugh) germination under stressing abiotic conditions. Plant physiology and biochemistry, 48: 724-730.
- Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. and Gomez, M., 1995. Effect of arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species on drought tolerance: physiological and nutritional plant responses. Applied and Environmental Microbiology, 61: 456-460.
- Ruotsalainen, A.L. and Kytöviitam, M.M., 2004. Mycorrhiza does not alter low temperature impact on *Gnaphalium norvegicum*. Oecologia, 140: 226-233.
- Rutto, K. and Mizutani, F., 2006. Effect of mycorrhizal inoculation and activated charcoal on growth and nutrition in peach (*Prunus persica* Batsch) seedlings treated with peach root-bark extracts. J. Japan. Soc. Hort. Sci., 75 (6): 463-468.
- Sannazzaro, A., Ruiz, O.A., Albert. E. and Menndez, A.B., 2004. Presence of different arbuscular mycorrhizal infection patterns in roots of *Lotus glaber* plants growing in the Salado River basin. Mycorrhiza, 14: 139-142.

- Schenck, N.C. and Perez, Y., 1989. Manual For the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. Synergistic publications, 286 p.
- Selvaraj, T., 1998. Studies on mycorrhizal and rhizobial symbioses on tolerance of tannery effluent treated *Prosopis juliflora*. Ph.D. thesis, University of Madras, Chennai, India, 209 p.
- Sjoberg, J., 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi, occurrence in Sweden and integration with a plant pathogenic fungus in barley. Ph.D. thesis, Swedish University of agriculture science, Uppsala, 53 p.
- Sharifi, M., Ghorbanli, M. and Ebrahimzadeh, H., 2007. Improved growth of salinity-stressed after inoculation with salt pre-treated mycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology, 164: 1144-1151.
- Shi, L.B., Guttenberger, M., Kottke, I. and Hampp, R., 2002. The effect of drought on mycorrhizas of beech (*Fagus sylvatica* L.): changes in community structure and the content of carbohydrates and nitrogen storage bodies of the fungi. Mycorrhiza, 12: 303-311.
- Tian, C., He, X., Zhong, Y. and Chen, J., 2003. Effect of inoculation with ecto- and arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* on the growth and nitrogen fixation by black locust, *Robinia pseudoacacia*. New Forest, 25: 125-131.

Effect of arbuscular mycorrhizae fungi on morphological and physiological characteristics of *Pistacia khinjuk* under drought stress

J. Mirzaei [1], M. Akbarinia [2*], E. Mohamadi Goltapeh [3], M. Sharifi [4] and Y. Rezaei Danesh [5]

1- Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran.
2*- Corresponding author, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran.
E-mail: akbarim@modares.ac.ir
3- Professor, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4- Assistant Prof., Faculty of Science, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.
5- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran.
Received: 08.06.2010 Accepted: 04.09.2010

Abstract

The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) on morphological and physiological characteristics of *Pistacia khinjuk* under drought stress were studied in Ilam, Iran. First, the mycorrhizae fungi associated with *Pistacia khinjuk* trees were isolated and identified and then their effects on morphological and physiological characteristics of *Pistacia khinjuk* under greenhouse condition were assayed. It was found that survival of seedling was not affected by mycorrhizae and irrigation, but other physiological and morphological characteristics were affected, separately. Therefore, mycorrhizae as well as irrigation increased root collar diameter, seedling height, terminal growth, leaf number, refresh weight of shoot and root, root volume, leaf area, photosynthesis and transpiration. In contrast to irrigation, AMF didn't effect on root length, root dry weight, leaf surface temperature, stomatal conductance and photosynthesis. So, we can propose that in dry and sub dry region, for best success in afforestation, seedling is better to be associated with AMF.

Key words: Arbuscular mycorrhizae, morphologic, physiologic, drought stress, *Pistacia khinjuk*, Iran.