زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال ششم، شماره بیست و یکم، پاییز ۱۳۹۳، صفحه ۱۴۳-۱۵۵
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۰۷
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۳/۰۲/۰۶
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۳/۰۳/۱۷
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۳/۲۶

تأثیر قارچ‌های *Glomus mosseae*، *G. intraradices* و *Gigaspora gigantea* بر رشد و جذب عناصر غذایی در نهال‌های ارغوان

جواد میرزایی *
گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز بر رشد (ارتفاع، قطر یقه، حجم ریشه، طول ریشه)، بیومس (وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی) و جذب عناصر (نیتروژن، فسفر، پتاسیم در ریشه و اندام هوایی) در گونه ارغوان (*Cercis griffithii*) بود. برای این منظور در شرایط گلخانه‌ای تأثیر سه نوع قارچ *Glomus mosseae*، *G. intraradices* و *Gigaspora gigantea* به همراه شاهد، به مدت ۸ ماه ارزیابی شد. نتایج تحقیق نشان داد که درصد آغشتگی ریشه نهال‌ها با قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* بیشتر از قارچ *Gi. gigantea* است. علاوه بر این، ارتفاع، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ *G. mosseae* از سایر نهال‌ها و تیمار شاهد بیشتر بود. در حالی که قطر یقه، طول ریشه و حجم ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ *G. mosseae* اختلاف معنی‌داری با نهال‌های تلقیح شده با *G. intraradices* نداشت، هرچند از تیمار شاهد بیشتر بود. از سوی دیگر، قارچ‌های مختلف آثار متفاوتی بر جذب عناصر در نهال‌های ارغوان داشتند. به طوری که جذب عنصر پتاسیم در ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ *Gi. gigantea* از سایر تیمارها بیشتر بود، در حالی که پتاسیم جذب شده در اندام هوایی تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش جذب فسفر و نیتروژن در اندام هوایی نهال‌ها شد، در حالی که در ریشه نهال‌ها اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر میزان فسفر مشاهده نشد. در حالت کلی، بر اساس نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت که از نظر بهبود شرایط رشدی بین قارچ های بررسی شده برای تلقیح به نهال‌های ارغوان، مناسب‌ترین قارچ‌ها به ترتیب *G. mosseae*، *G. intraradices* و *Gi. gigantea* هستند.

واژه‌های کلیدی: ارغوان، جذب عناصر، قارچ میکوریزی آربوسکولار، مورفولوژیک

مقدمه

میکوریز به همزیستی متقابل بین قارچ‌های موجود در خاک و ریشه گیاهان عالی گفته می‌شود (Smith and Read, 1997؛ Peterson *et al.*, 2004) که در آن، قارچ‌ها آب، مواد غذایی، نیتروژن، فسفر و سایر عناصر معدنی را برای گیاه میزبان فراهم می‌کنند و گیاه نیز

*نویسنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: j.mirzaei@mail.ilam.ac.ir، شماره تماس: ۰۸۴۱۲۲۲۷۰۱۵

کربوهیدرات تولیدی را در اختیار قارچ قرار می‌دهد (Choi *et al*., 2005). آثار مفید قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در جذب عناصر غذایی از خاک، افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی (به ویژه خشکی)، افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا و فواید متعدد دیگری که قارچ‌های میکوریز برای گیاه میزبان خود به همراه دارد، سبب شده است تا بخشی از پژوهش‌ها در سال‌های اخیر به قارچ های میکوریزی آربوسکولار اختصاص داده شود. برای مثال، برخی پژوهشگران نشان داده‌اند که قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش وزن خشک ریشه و قسمت هوایی در نهال گیاهان *Olea europaea*، *Pistacia lentiscus*، *Retamaspha erocarpa* و *Rhamnus lycioides* (Caravaca *et al*., 2005)، *Cassia siamea* (Giri *et al*., 2006) و *Juniperus oxycedrus* (Alguacil *et al*., 2005)، *Glycyrrhiza uralensis* (Liu *et al*., 2007) می‌شوند. Zhang و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی اثر شش گونه میکوریز از جنس *Glomus* بر نهال گونه جنگلی *Casuarina equisetifolia* در شرایط گلخانه‌ای نشان دادند که وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در نهال های میکوریزی بیشتر بوده است. علاوه بر این، برخی نیز ادعا کرده‌اند که قارچ‌های میکوریزی تأثیر مثبت در افزایش ارتفاع و قطر نهال گونه‌های درختی (Caravaca *et al*., 2005؛ Wu and Xia, 2006a,b؛ Liu *et al*., 2007؛ Nunez *et al*., 2008؛ Kumar *et al*., 2010؛ Wu *et al*., 2010) دارند. آنها افزایش رشد نهال های میکوریزی را در نتیجه تأثیر مثبت این قارچ ها در جذب آب و عناصر غذایی از مناطقی دور از دسترس ریشه می‌دانند. همچنین برخی از محققان نشان دادند که قارچ‌های میکوریزی تأثیر مثبتی بر جذب عناصر دارند. برای مثال، Zhang و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی اثر شش گونه میکوریز از جنس *Glomus* بر نهال گونه جنگلی *Casuarina equisetifolia* ادعا کردند که جذب فسفر در نهال‌های میکوریزی بیشتر بوده است. Giri و همکاران (۲۰۰۵) نیز به بررسی اثر قارچ *G. mosseae* بر جذب فسفر توسط گونه درختی *Cassia siamea* در هند پرداختند و نشان دادند که جذب فسفر در نهال های میکوریزی بیشتر است. Liu و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش جذب فسفر را در نهال‌های *Glycyrrhiza uralensis* گزارش کرده بودند. این محققان ادعا می‌کنند که فسفر در داخل خاک قدرت تحرک کمی دارد؛ بنابراین پس از مدتی از دسترس ریشه گیاه خارج می‌شود. در این شرایط، قارچ های میکوریزی با گسترش هیف‌های خود آن را از مناطق دیگر جذب کرده، در اختیار گیاه قرار می‌دهند. افزایش جذب نیتروژن در گیاه *Lavandula spica* توسط قارچ‌های آربوسکولار *G. mosseae* و *G. intraradices* در مناطق نیمه‌خشک مدیترانه‌ای مشاهده شده است (Marulanda *et al*., 2007). علاوه بر این، افزایش جذب نیتروژن در نهال‌های میکوریزی *Olea europaea*، *Pistacia lentiscus*، *Retamaspha erocarpa* و *Rhamnus lycioides* (Caravaca *et al*., 2005)، *Cassia siamea* (Giri *et al*., 2006) و *Acacia mangium* (Satter *et al*., 2005) نیز دیده شده است. در حالی که برخی محققان ادعا می‌کنند که میکوریز تأثیر معنی‌داری بر جذب عنصر نیتروژن در گونه‌های *Pistacia lentiscus* (Caravaca

Quercus faginea، *Pinus halepensis*، *et al.*, 2002) و *Q. petraea* (Nunez *et al.*, 2008) نـدارد. برخـی دانشمندان نیز مشاهده کردند که میکوریز باعـث افـزایش جـذب پتاسـیم در نهـال‌هـای *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al.*, 2002)، *Acacia mangium* (Satter *et al.*, 2006) و *Lavandula spica* (Marulanda *et al.*, 2007) مـی‌شـود. بـا ایـن وجـود، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تأثیر قارچ‌های میکـوریزی و مقایسه میزان تأثیرگذاری این قارچ بر رشـد، بیـومس و جذب عناصر در گونه ارغوان انجام نشده است.

گونـه ارغـوان (*Cercis griffithii*) از مهـم‌تـرین گونه‌های بومی مناطق مدیترانـه‌ای اسـت کـه در زاگـرس بـه صـورت طبیعـی روی خـاک‌هـای گچـی و آهکـی گسترش دارد و گرمای آفتاب و خشکی خاک را تحمل می‌کند. این گونه علاوه بر جنگل‌کاری‌های ایـن منـاطق، در فضای سبز شهری نیز به خاطر داشتن مقاومـت بـه کـم آبی، زیبایی منحصر به فـرد، رشـد مناسـب و سـازگار بـه منطقه استفاده می‌شود، در صورتی که تـاکنون مطالعـه‌ای در زمینه کاربرد میکروارگانیسم‌ها بـر رشـد ایـن نهـال هـا انجام نشده است. تحقیق حاضر سعی دارد تأثیر قارچ‌های میکوریزی مختلف را بر رشـد، بیـومس و جـذب عناصـر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسـیم در ریشـه و انـدام هـوایی نهال‌های ارغوان در شرایط گلخانه‌ای را ارزیابی نماید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به منظـور بررسـی تـأثیر قـارچ‌هـای میکـوریزی *Glomus mosseae*، *G. intraradices* و *Gigaspora gigantea* بـر رشـد، بیـومس و جـذب عناصر در گونـه ارغـوان در شـرایط گلخانـه ای انجـام گرفت. برای این منظـور در گلـدان‌هـای پلاسـتیکی ۳ کیلویی (۲۵ سانتی‌متر عرض × ۲۵ سـانتی‌متـر ارتفـاع) مخلوطی از خاک، شن و کـود دامـی بـه نسـبت ۱:۱:۲ ریخته شد (جدول ۱). سـپس، بـذرهای ارغـوان کـه از تنگه ارغوان در استان ایلام تهیه شده بود در گلدان‌هـا کاشته شدند. برای بررسی تأثیر قارچ‌های میکـوریزی، پس از جمع‌آوری قارچ هـای میکـوریزی از رویشـگاه طبیعی و خـالص‌سـازی آنهـا، بـه مـدت چهـار مـاه در مجاورت ریشه ذرت قرار داده شـد تـا تکثیـر شـوند و مایه تلقیح آماده شود. سپس به یـک از گلـدان‌هـا (بـه استثنای تیمار شاهد) به میزان ۱۰ درصد از مایـه تلقـیح اضافه گردید. سپس نهال‌های ارغوان بـه طـور یکسـان هفته‌ای دو بار با ظرف مخصـوص آبیـاری گردیـد. در پایان دوره رویـش (پـس از ۸ مـاه) درصـد آغشـتگی، رشد ارتفاعی، رشد قطری، طول ریشـه، حجـم ریشـه، وزن تـر و خشـک ریشـه و انـدام هـوایی و عناصـر نیتـروژن، فسـفر و پتاسـیم در انـدام هـوایی و ریشـه اندازه‌گیری شد (Nunez *et al.*, 2008).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده. N: نیتروژن، P: فسفر، K: پتاسیم، EC: شوری و pH: اسیدیته

شاخص اندازه‌گیری شده	مقدار	شاخص اندازه‌گیری شده	مقدار
pH (۱: ۲/۵)	۷/۳	مجموع P (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۳
EC (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۴۱۰	شن (درصد)	۵۴
مجموع N (درصد)	۰/۲۳۱	سیلت (درصد)	۲۰
مجموع K (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۳	رس (درصد)	۲۶

تعیین درصد آغشتگی ریشه: برای این منظور ابتدا، ریشه ها را به خوبی شسته و به قطعات یک سانتی متری برش داده شد. سپس آنها را در محلول پتاس ۱۰ درصد و در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد در حمام آب گرم به مدت دو ساعت در حال جوش قرار داده شد، تا کاملاً شفاف شوند. سپس عمل سفید کردن روی ریشه‌ها با استفاده از آب اکسیژنه با غلظت ۳ درصد به مدت ۲ دقیقه و در دمای ۸۵ درجه انجام شد. برای اسیدی کردن ریشه‌ها، آنها را به مدت ۳ تا ۵ دقیقه در محلول کلریدریک اسید ۱ درصد قرار داده شد. از آنجا که حضور اسید برای رنگ‌آمیزی ضروری است، از این مرحله به بعد نباید ریشه‌ها را با آب شستشو داد. برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها را در محلول ۵ درصد آنیلین بلو در لاکتوفنل قرار داده شد و به مدت ۴۵ دقیقه در حمام آب گرم در حال جوش قرار گرفت. سپس با لاکتوفنل عمل رنگ‌بری ریشه‌ها انجام شد. پس از این مرحله، ریشه ها رنگ خود را از دست داده و اندام‌های قارچی به رنگ آبی قابل مشاهده هستند. در نهایت، درصد آغشتگی به اندام‌های قارچی تعیین گردید. برای بررسی درصد آغشتگی ریشه از روش Phillips و Hayman (۱۹۷۰) استفاده شد. برای این کار از هر تیمار ۵ تکرار و از هر تکرار ۱۰ قطعه یک سانتی متری از ریشه تهیه شد و درصد آلودگی بررسی گردید.

اندازه‌گیری داده‌ها: در پایان فصل رشد، ارتفاع (توسط خط‌کش با دقت میلی متر)، قطر یقه (کولیس با دقت میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. سپس تعدادی از نهال‌ها از سطح خاک قطع شد و وزن تر اندام هوایی و ریشه نهال، طول و حجم ریشه آنها تعیین گردید. به منظور اندازه گیری وزن خشک قسمت هوایی و ریشه، به مدت ۹۰ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد (Sheng *et al*., 2008). قسمت هوایی و ریشه نهال‌ها جهت آنالیز عناصر و نیز بررسی وضعیت همزیستی قارچ ها نگهداری شد. برای اندازه میزان نیتروژن در ریشه و اندام هوایی، ۰/۵ گرم از وزن خشک بافت تهیه و با استفاده از دستگاه کجلدال (مدل v50، شرکت طب‌شهر، ایران) میزان آن بر حسب واحد درصد ثبت شد (Zarinkafsh, 1993). برای اندازه‌گیری فسفر، پس از هضم نمونه‌ها، میزان جذب آن در طول موج ۴۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل T6m، شرکت Drawell، چین) و بر حسب واحد میلی‌گرم در گرم ثبت گردید. برای اندازه‌گیری پتاسیم، ۲ گرم از نمونه‌های خشک شده به خاکستر تبدیل شد و پس از تهیه محلول رقیق، توسط دستگاه جذب اتمی (مدل ۳۰۰، شرکت Perkin Elmer، آمریکا) مقدار آن بر حسب واحد میلی‌گرم در گرم اندازه‌گیری شد (Zarinkafsh, 1993).

تحلیل داده‌ها: برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. بدین صورت که پس از تست نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها، توسط آزمون‌های کولموگروف اسمیرنوف و لون، با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه و آزمون دانکن تأثیر قارچ‌های میکوریزی *G. mosseae*، *G. intraradices* و *Gi. gigantea* بر درصد آغشتگی، رشد ارتفاعی، رشد قطری، طول ریشه، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی و عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی و ریشه ارزیابی شد.

نتایج

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که قارچ‌های میکوریزی تأثیر معنی داری بر درصد آغشتگی ریشه، قطر یقه، ارتفاع نهال، طول ریشه، حجم ریشه، وزن تر

اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه، نیتروژن اندام هوایی، نیتروژن ریشه، فسفر اندام هوایی، پتاسیم ریشه نهال های ارغوان داشته است (P<۰/۰۵)، در حالی که بر فسفر ریشه و پتاسیم اندام هوایی تأثیر معنی داری ندارد (P>۰/۰۵) (جدول ۲). به طوری که بر اساس نتایج این تحقیق نهال های تلقیح شده با قارچ *G. mosseae* و *G. intraradices* از درصد آغشتگی بیشتری نسبت به قارچ *Gi. gigantea* برخوردار بودند (جدول ۳). همچنین، نهال های تلقیح شده با قارچ *G. mosseae* از قطر یقه، ارتفاع، طول ریشه و حجم ریشه بیشتری نسبت به سایر قارچ‌ها برخوردار بودند. علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزی سبب افزایش رشد قطری و ارتفاعی نهال های ارغوان به ترتیب به میزان ۷۰ و ۳۰۰ درصد شدند (جدول ۳).

جدول ۲- آنالیز واریانس اثر قارچ‌های میکوریزی بر آغشتگی، رشد، بیومس و جذب عناصر در اندام هوایی و ریشه نهال‌های ارغوان

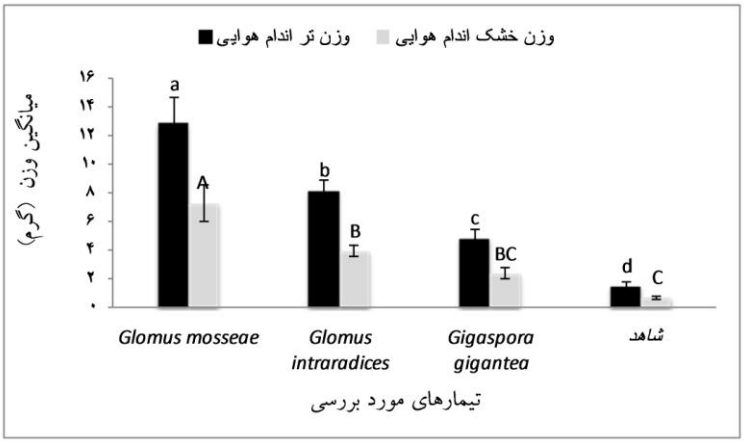
منبع تغییرات		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آزمون f
آغشتگی (درصد)	بین گروه‌ها	۲۸۸۱/۸	۲	۱۴۴۰/۹	۱۱/۹۱**
	درون گروه‌ها	۳۳۸۵/۴	۲۸		
قطر برابر سینه (میلی‌متر)	بین گروه‌ها	۱۲/۰۱	۳	۴	۶/۸۷**
	درون گروه‌ها	۲۲/۱۳	۳۸		
ارتفاع نهال (سانتی‌متر)	بین گروه‌ها	۳۹۱۵/۵	۳	۱۳۰۵	۲۸/۸۶**
	درون گروه‌ها	۱۷۱۸/۳	۳۸		
طول ریشه (سانتی‌متر)	بین گروه‌ها	۵۸۱۸/۱	۳	۱۹۳۹	۵/۰۲۲**
	درون گروه‌ها	۱۴۶۷۴	۳۸		
حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)	بین گروه‌ها	۴۲۰/۴	۳	۱۴۰/۱	۲۵/۶۳**
	درون گروه‌ها	۲۰۷/۷	۳۸		
وزن تر اندام هوایی (گرم)	بین گروه‌ها	۷۴۱/۵	۳	۲۴۷/۱	۲۴/۵۱**
	درون گروه‌ها	۳۸۳/۱	۳۸		
وزن تر ریشه (گرم)	بین گروه‌ها	۸۳۱/۵	۳	۲۷۷/۱	۴۰/۴**
	درون گروه‌ها	۲۶۰/۲	۳۸		
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	بین گروه‌ها	۲۴۷/۶	۳	۸۲/۵۵	۱۷/۳۳**
	درون گروه‌ها	۱۸۰/۹	۳۸		
وزن خشک ریشه (گرم)	بین گروه‌ها	۳۸/۰۱	۳	۱۲/۶۷	۱۹/۸**
	درون گروه‌ها	۲۴/۳	۳۸		
نیتروژن اندام هوایی (درصد)	بین گروه‌ها	۲۵/۶۲	۳	۸/۵۴	۳/۶۹ **
	درون گروه‌ها	۸۷/۷	۳۸		
نیتروژن ریشه (درصد)	بین گروه‌ها	۱۰۳/۵	۳	۳۴/۵	۶/۱ **
	درون گروه‌ها	۲۱۳/۵	۳۸		
فسفر اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم)	بین گروه‌ها	۱۷	۳	۵/۶۷	۶/۳۷ **
	درون گروه‌ها	۳۳/۷	۳۸		
فسفر ریشه (میلی‌گرم در گرم)	بین گروه‌ها	۷/۸	۳	۲/۶۱	۱/۷۸ ns
	درون گروه‌ها	۵۵/۶	۳۸		
پتاسیم اندام هوایی (میلی‌گرم در گرم)	بین گروه‌ها	۹/۷	۳	۳/۲۶	۱/۱۹ ns
	درون گروه‌ها	۱۰۳/۳	۳۸		
پتاسیم ریشه (میلی‌گرم در گرم)	بین گروه‌ها	۹۱	۳	۳۰/۳۴	۳/۲۳ *
	درون گروه‌ها	۳۵۶/۷	۳۸		

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های درصد آغشتگی و شاخص‌های رشد بین قارچ های مختلف میکوریزی (مقادیر، میانگین ± اشتباه معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح P=۰/۰۵ است).

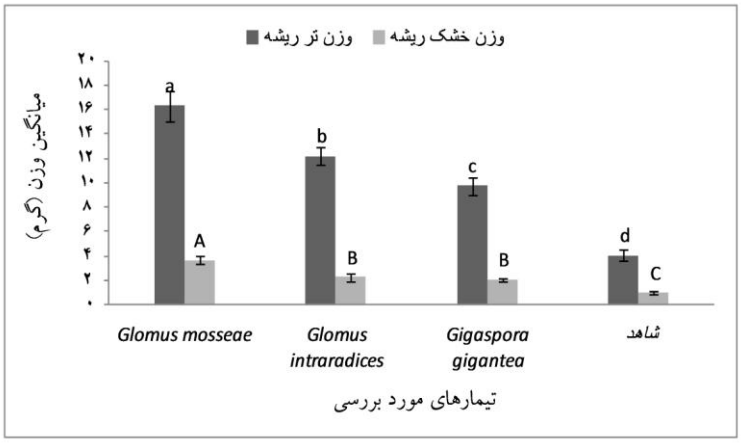
تیمار	کلونیزاسیون (درصد)	قطر (میلی‌متر)	ارتفاع (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)	حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب)
Glomus mosseae	۵۹/۹^{a}±۲/۳۵	۳/۵۵ ^{a}±۰/۲۸	۳۴/۹ ^{a}±۲/۶	۹۰/۳ ^{a}±۵/۴۱	۱۱ ^{a}±۰/۸۴
G. intraradices	۵۲/۲^{a} ±۳/۳۷	۳/۰۴ ^{ab}±۰/۲۴	۲۳/۸۱^{b}±۲/۲	۱۰۵ ^{a}±۴/۴۲	۹/۵۴ ^{ab}±۰/۸۴
Gigaspora gigantea	۳۶/۴ ^{b}±۳/۹۶	۲/۶۱^{bc}±۰/۲۳	۱۸/۷۵ ^{b}±۲/۲	۹۷/۵ ^{ab}±۸/۲۴	۷/۵ ^{b}±۰/۶۷
شاهد	۰	۲/۱^{c}±۰/۱۷	۸/۰۴ ^{c}±۰/۹۹	۷۳/۸۱ ^{b}±۵/۸۵	۲/۷ ^{c}±۱/۵۶

همچنین نتایج نشان داد که وزن خشک اندام هوایی و ریشه در نهال های تلقیح شده با قارچ میکوریزی *G. mosseae* نسبت به سایر قارچ‌ها به ترتیب به میزان ۱۴۰ و ۷۳ درصد و نهال های شاهد به ترتیب به میزان ۹۰۰ و ۲۸۰ درصد بیشتر بود (شکل‌های ۱ و ۲).

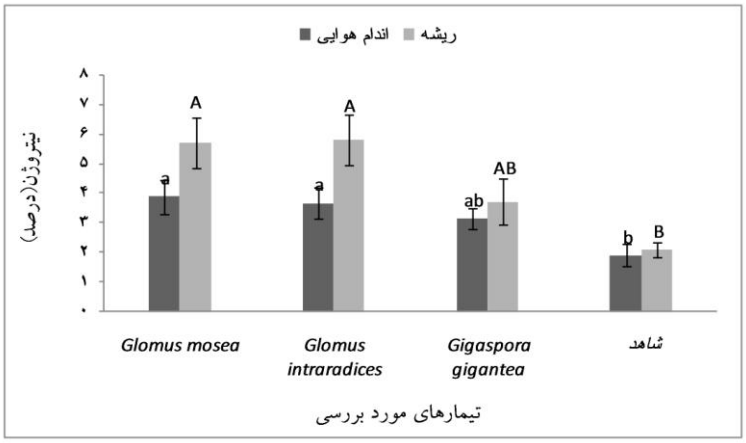
عناصر غذایی: میزان نیتروژن در اندام هوایی و ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، اما از تیمار شاهد بیشتر بودند (شکل ۳). همچنین، میزان پتاسیم نیز در اندام هوایی نهال‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت، هر چند میزان آن در نهال‌های تلقیح شده با قارچ *Gi. gigantea* بیشتر از سایر قارچ‌ها بود (شکل ۴). مقایسه میزان فسفر در اندام هوایی نهال‌ها نیز نشان داد که قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به قارچ *Gi. gigantea* و آن هم نسبت به نهال‌های شاهد از میزان بیشتری برخوردار بود، هرچند که در ریشه آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵).



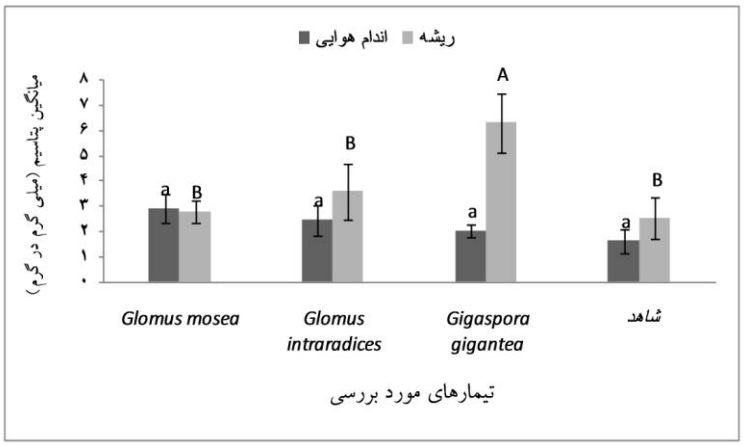
شکل ۱- مقایسه میانگین وزن تر و خشک اندام هوایی نهال های ارغوان در بین تیمارها (مقادیر، میانگین ± اشتباه معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح P=۰/۰۵ است).



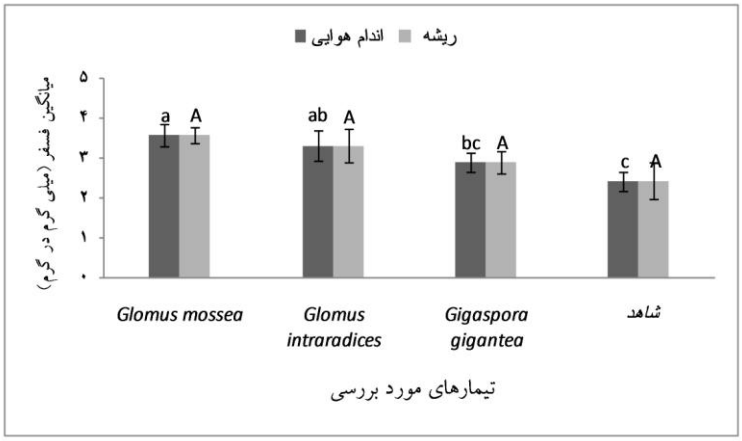
شکل ۲- مقایسه میانگین وزن تر و خشک ریشه نهال های ارغوان در بین تیمارها (مقادیر، میانگین ± اشتباه معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح P=۰/۰۵ است).



شکل ۳- مقایسه میانگین نیتروژن در ریشه و اندام هوایی نهال های ارغوان در بین تیمارها (مقادیر، میانگین ± اشتباه معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح P=۰/۰۵ است).



شکل ۴- مقایسه میانگین پتاسیم در ریشه و اندام هوایی نهال‌های ارغوان در بین تیمارها (مقادیر، میانگین ± اشتباه معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح P=۰/۰۵ است).



شکل ۵- مقایسه میانگین فسفر در ریشه و اندام هوایی نهال های ارغوان در بین تیمارها (مقادیر، میانگین ± اشتباه معیار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار با آزمون دانکن در سطح P=۰/۰۵ است).

بحث

قارچ های میکوریز با افزایش حجم خاک قابل استفاده به وسیله ریسه‌های قارچ، افزایش رشد ریشه گیاه و ایجاد مسیرهایی با مقاومت کم برای عبور آب به سمت ریشه، باعث تسهیل در جذب آب و عناصر غذایی می شود و مواد معدنی را به مواد قابل استفاده تبدیل می کند و در نهایت رشد گیاه را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد. در پژوهش حاضر مشخص گردید که قارچ میکوریزی *G. mosseae* سبب افزایش بیشتری در ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه نهال های تلقیح شده نسبت به سایر قارچ ها و تیمار شاهد شده است. در این زمینه برخی محققان نشان دادند که قارچ مذکور سبب افزایش رشد و بیومس در نهال های *Asparagus officinalis* (Chao *et al*., 2012) و *Casuarina equisetifolia* (Zhang *et al*., 2010) شده است. از نظر قطر، طول ریشه و حجم ریشه بین *G. mosseae* و *G. intraradices* اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، هر چند که نهال‌های تلقیح شده با قارچ ها از تیمار شاهد از میزان بیشتری برخوردار بودند. به بیان دیگر، قارچ های میکوریز باعث افزایش ارتفاع و قطر نهال های ارغوان شدند. افزایش رشد ارتفاعی و قطری نهال های میکوریز در مقایسه با نهال های غیر میکوریز در پژوهش‌های دیگران نیز گزارش شده است. برای مثال، Caravaca و همکاران در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که قارچ های میکوریز باعث افزایش ارتفاع نهال های *Pistacia lentiscus* می‌شوند. علاوه بر این، افزایش ارتفاع نهال‌های تلقیح شده *Olea europae* و *Rhamnus lysiodis* در مطالعه *Palenzuela* و همکاران (۲۰۰۲) نیز دیده شده است. افزایش قطر و ارتفاع نهال‌های *Myrtus communis* (Matosevic *et al*., 1979) *Retama sphaerocarpa* (Caravaca *et al*., 2003) *Citrus tangerine* (Wu and Xia, 2006a)، *Calophyllum hosei* و *Ploiarium alternifolium* (Turjaman *et al*., 2006)، *Glycyrrhiza glabra* (Orujei *et al*., 2013) و *Catharanthus roseus* (Rahmatzadeh *et al*., 2013) در اثر همزیستی با قارچ‌های میکوریز نیز گزارش شده است.

Caravaca و همکاران (۲۰۰۲) نیز با مطالعه قطر یقه نهال‌های *Pistacia lentiscus* تفاوت معنی‌داری بین نهال‌های میکوریز و نهال‌های غیر میکوریز مشاهده نکردند. قارچ‌های میکوریز با گسترش هیف‌های خود سطح قابل جذب را افزایش داده و قادرند آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر که قدرت تحرک کمی دارند را در اختیار نهال‌های ارغوان قرار دهند و به همین علت این سبب افزایش رشد ارتفاعی و قطری نهال‌های ارغوان شده‌اند. علاوه بر این، نهال‌های تلقیح شده با قارچ میکوریز *G. mosseae* دارای وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه بیشتری نسبت به سایر قارچ‌ها بودند. Chao و همکاران (۲۰۱۲) نیز با مطالعه تأثیر قارچ مذکور بر بیومس نهال های *Asparagus* به این نتیجه رسیدند که قارچ میکوریز *G. mosseae* سبب افزایش بیومس نهال‌ها شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. قارچ‌های میکوریز با گسترش هیف‌های خود در خاک، جذب عناصر غذایی و آب از فواصل دور تا ۱۲ متر (Abbott and Robson, 1985) باعث افزایش ارتفاع، قطر و بیومس بخش‌های هوایی نهال به ترتیب به میزان ۷۰، ۳۰۰ و ۹۰۰ برابر نسبت به نهال های شاهد شدند. افزایش وزن خشک ساقه و ریشه نهال های میکوریزی *Retama sphaerocarpa* (Caravaca *et al*., 2003)، *Cassia siamea* (Giri *et al*., 2005)، *Olea europaea*، *Pistacia lentiscus*، *Retama sphaerocarpa* و *Rhamnus lycioides* (Caravaca *et al*., 2005)، *Pinus densiflora* (Choi *et al*., 2005)، *Juniperus oxycedrus* (Alguacil *et al*., 2006)، *Glycyrrhiza uralensis* (Liu *et al*., 2007)، *Lavandula spica* (Marulanda *et al*., 2007)، *Trifolium pretense* (Wang *et al*., 2012)، *Pinus halepensis*، *Quercus faginea* و *Q. petraea* (Nunez *et al*., 2008)، *Citrus tangerine* و *Jatropha curcas* (Kumar *et al*., 2010) در مقایسه با نهال‌های غیرمیکوریز آنها نیز گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. همچنین، افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه نهال های میکوریز *Zizyphs spinosus* (Jinying *et al*., 2007) و *Casuarina equisetifolia* (Zhang *et al*., 2010) نیز مشاهده شده است. همچنین Yao و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که میکوریز سبب افزایش وزن تر ساقه *Poncirus trifoliata* می‌شود. افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط قارچ های میکوریزی همزیست، سبب افزایش رشد قطری و ارتفاعی نهال‌های ارغوان شده، در نتیجه بیومس آنها افزایش می‌یابد.

علاوه بر این، در تحقیق حاضر با بررسی تأثیر قارچ‌های مختلف بر جذب عناصر در نهال‌های ارغوان مشخص شد که جذب عنصر پتاسیم در ریشه نهال‌های تلقیح شده با قارچ *Gi. gigantea* از سایر تیمارها بیشتر بود، در حالی که در پتاسیم جذب شده در اندام هوایی تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. همچنین، قارچ های میکوریز سبب افزایش انتقال فسفر و نیتروژن در اندام هوایی نهال‌ها شدند، در حالی که در ریشه نهال ها اختلاف معنی داری بین تیمارها از نظر میزان فسفر مشاهده نشد. افزایش جذب نیتروژن در نهال‌های میکوریز *Olea europaea*، *Retama sphaerocarpa*، *Rhamnus lycioides* و *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al*., 2005)، *Cassia siamea* (Giri *et al*., 2005)، *Aster tripolium*

(Satter *et al*., 2006) و *Acacia mangium* (Neto *et al*., 2006) نسبت به نهال‌های غیر میکوریز آنها، در پژوهش‌های مشابه نیز گزارش شده است. اما با این حال اختلاف معنی‌داری بین نهال‌های میکوریز و غیرمیکوریز *Pinus halepensis*، *Quercus faginea* و *Q. petraea* (Nunez *et al*., 2008)، *Arbutus unedo* (García *et al*., 2010) و *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al*., 2002) مشاهده نشده است. برخی پژوهشگران نیز با مطالعه میزان جذب عناصر در نهال‌های *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al*., 2002)، *Retama sphaerocarpa* (Caravaca *et al*., 2003)، *Olea europaea*، *Retama sphaerocarpa*، *Rhamnus lycioides* و *Pistacia lentiscus* (Caravaca *et al*., 2005)، *Cassia siamea* (Giri *et al*., 2005)، *Juniperus oxycedrus* (Alguacil *et al*., 2006)، *Acacia mangium* (Satter *et al*., 2006)، *Pinus halepensis*، *Quercus faginea* و *Q. petraea* (Nunez *et al*., 2008)، *Poncirus trifoliate* (Wu *et al*., 2009)، *Mimosa* L. (Camargo-Ricalde *et al*., 2010) و *Casuarina equisetifolia* (Zhang *et al*., 2010) نشان دادند که قارچ‌های میکوریز سبب افزایش جذب عنصر فسفر شده است. فسفر در داخل خاک بیشتر به صورت ترکیبات معدنی غیر محلول است و شکل محلول آن بسیار ناچیز است. بنابراین حرکت توده‌ای آن به سمت ریشه نمی‌تواند تأمین کننده همه فسفر مورد نیاز گیاه باشد و به همین دلیل پش از مدت زمان کوتاهی، در اطراف ریشه گیاه، غلظت فسفر کم شده و گیاه قادر به جذب آن نیست (Smith and Read, 1997). بیشتر بودن حجم ریشه های آغشته به میکوریز ارغوان نسبت به ریشه های غیر میکوریز آنها و در نتیجه، افزایش سطح قابل دسترس خاک باعث شده است که هیف‌ها فسفر را از مناطق دورتر و خارج از دسترس گیاه جذب نموده و در دسترس گیاه قرار دهند (Abbott and Robson, 1985) و به همین جهت میزان جذب فسفر در اندام هوایی و ریشه نهال‌ها افزایش یابد.

جمع‌بندی

در مجموع می‌توان گفت که بین قارچ‌های میکوریزی مطالعه شده برای همزیستی با گونه درختی ارغوان به ترتیب گونه‌های *G. mosseae*، *G. intraradices* و *Gi. gigantea* پیشنهاد می‌گردد. همچنین، با توجه به تأثیر مفیدی که قارچ های میکوریز آربوسکولار در جذب عناصر غذایی، افزایش رشد قطری، ارتفاعی و سایر شاخص‌های مورفولوژیک نهال‌های ارغوان در مقایسه با تیمار شاهد، آغشته کردن نهال های مذکور با قارچ های میکوریزی، می‌توان به عنوان راهکاری در افزایش موفقیت نهال‌کاری‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس پیشنهاد داد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام و اداره کل منابع استان ایلام به خاطر فراهم نمودن امکان این تحقیق سپاسگزاری نمایند. همچنین از همکاری‌های ارزشمند سرکار خانم دکتر معصومه نوروزی و خانم مهندس افروز هواسی برای تحلیل عناصر و آقای دکتر مهدی حیدری در ویرایش مقاله تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

Abbott, L. K. and Robson, A. D. (1985) Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal Fungi. New Phytologist 99: 245-255.

Alguacil, M., Caravaca, F., Diaz-Vivancos, P., Hernandez, J. A. and Roldan, A. (2006) Effect of arbuscular mycorrhizae and induced drought stress on antioxidant enzyme and nitrate reductase activities in *Juniperus oxycedrus* L. grown in a composted sewage sludge-amended semi-arid soil. Plant and Soil 279: 209-218.

Camargo-Ricalde, S. L., Montano, N. M., Reyes-Jaramillo, I., Jimenez-Gonzalez, C., Dhillion, S. S. (2010) Effect of mycorrhizae on seedlings of six endemic *Mimosa* L. species (Leguminosae-Mimosoideae) from the semi-arid Tehuacan-Cuicatlan Valley, Mexico. Trees 24: 67-78.

Caravaca, F., Alguacil, M. M., Barea, J. M. and Roldan, A. (2005) Survival of inocula and native AM fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem. Soil Biology and Biochemistry 37: 227-233.

Caravaca, F., Barea, J. M., Palenzuela, J., Figueroa, D., Alguacil, M. M. and Roldan, A. (2003) Establishment of shrubs species in a degraded semiarid site after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal Fungi. Applied Soil Ecology 22: 103-111.

Caravaca, F., Barea, J. M., 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.

Chao, S., Chao-xing, H., Xian-Chang, Y., Zhi-Bin, Z., Yan-Su, L. and Yan, Y. (2012) Effects of *Glomus mosseae* on *Asparagus* seedling growth and mineral nutrients absorption. China Vegetable 1(6): 41-47.

Choi, D. S., Quoreshi, A. M., Maruyama, Y., Jin, H. O. and Koike, T. (2005) Effect of ectomycorrhizal infection on growth and photosynthetic of *Pinus densiflora* seedling grown under elevated CO_2 concenterations. Photosynthetica 43(2): 223-229.

García, A. N., Árias, S. P. B., Morte, A. and Sánchez-Blanco, M. J. (2011) Effects of nursery preconditioning through mycorrhizal inoculation and drought in *Arbutus unedo* L. plants. Mycorrhiza 21(1): 53-64.

Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K. G. (2005) Effect of the arbuscular mycorrhizae *Glomus fasciculatum* and *G. macrocarpum* on the growth and nutrient content of *Cassia siamea* in a semi-arid Indian wasteland soil. New Forests 29: 63-73.

Jinying, L., Min, L., Yongmin, M. and Lianying, S. (2007) Effects of vesicular arbuscular mycorrhizae on the drought resistance of wild jujube (*Zizyphs spinosus* Hu) seedlings. Frontiers of Agriculture in China 1(4): 468-471.

Kumar, A., Sharma, S. and Mishra, S. (2010) Influence of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi and salinity on seedling growth, solute accumulation, and mycorrhizal dependency of *Jatropha curcas* L.. Plant Growth Regulation 29: 297-306.

Liu, J., Wu, L., Wei, S., Xiao, X., Su, C., Jiang, P., Song, Z., Wang, T. and Yu, Z. (2007) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, nutrient uptake and glycyrrhizin production of licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). Plant Growth Regulation 52: 29-39.

Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J. M. and Azcon, R. (2007) Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought-sensitive *Glomus* species. Microbial Ecology 54: 543-552.

Matosevic, I., Costa, G. and Givovannetti., M. (1997) The mycorrhizal status of Mediterranean shrub

Myrtus communis L.. Mycorrhiza 7: 51-53.

Neto, D., Carvalho, L. M., Cruz, C. and Martins-Louc ao, M. A. (2006) How do mycorrhizas affect C and N relationships in flooded *Aster tripolium* plants?. Plant and Soil 279: 51-63.

Nunez, J. A. D., Gonzalez, R. P., Barreal, J. A. R. and Gonzalez, J. A. S. O. (2008) The effect of *Tuber melanosporum* Vitt. Mycorrhization on growth, nutrition, and water relations of *Quercus petraea* Liebl., *Quercus faginea* Lamk. and *Pinus halepensis* Mill. seedlings. New Forest 35: 159-171.

Orujei, Y., Shabani , L., Sharifi Tehrani, M., Aghababaei, F. and Enteshari, Sh. (2013) Dual effects of two mycorrhizal fungi on production of glycyrrhizin total phenolic and total flavonoids compounds in roots of *Glycyrrhiza glabra* L.. Iranian Journal of Plant Biology 17: 75-89 (in Persian).

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. Biology and Fertility of Soils 36: 170-175.

Peterson, R. L., Masssicotte, H. B. and Meliville, L. H. (2004) Mycorrhizas: Anatomy and cell biology. National Research Council Inc., Ottawa, Ontario.

Phillips, J. M. and Hayman, D. S. (1970) Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.

Rahmatzadeh, S., Khara, J. and Kazemitabar, S. K. (2013) Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth improvement and biochemical factors of regenerated *Catharanthus roseus* L. plants under tryptophan treatment during acclimatization process. Iranian Journal of Plant Biology 5(16): 27-40 (in Persian).

Satter, M. A., Hanafi, M. M., Mahmud, T. M. M. and Azizah, H. (2006) Influence of arbuscular mycorrhiza and phosphate rock on uptake of major nutrients by *Acacia mangium* seedlings on degraded soil. Biology and Fertility of Soils 42: 345-349.

Sheng, M., Tang, M., Chen, H., Yang, B., Zhang, F. and Huang, Y. (2008) Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza 18: 287-296.

Smith, S. E. and Read, D. J. (1997) Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.

Turjaman, M., Santoso, E., Tamai, Y., Osaki, M. and Tawaraya, K. (2006) Effect of arbuscular mycorrhizal colonization on early growth and nutrient content of two peat-swamp forest tree species seedlings, *Calophyllum hosei* and *Ploiarium alternifolium*. Forest Research 3(1): 19-30.

Wang, L., Ma, F., Zhang, S. and Zhang, X. (2012) Effect of *Glomus mosseae* inoculation on growth and reproduction of rice. Information Technology and Agriculture Engineering 134: 935-942.

Wu, Q. S. and Xia, R. X. (2006a) Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Plant Physiology 163: 417-425.

Wu, Q. S. and Xia, R. X. (2006b) Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on leaf solutes and root absorption areas of trifoliate orange seedlings under water stress conditions. Frontiers of Forestry in China 1(3): 312-317.

Wu, Q. S., Zou, Y. N. and He, X. H. (2010) Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedlings under salt stress. Acta Physiologia Plantarum 32: 297-300.

Yao, Q., Wang, L. R. Zhu, H. H. and Chen, J. Z. (2009) Effect of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation on root system architecture of trifoliate orange (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) seedlings. Scientia Horticulturae 121(4): 458-461.

Zarinkafsh, M. (1993) Applied soil science (soil, plant, water). Tehran University Press, Tehran (in Persian).

Zhang, Y., Zhong, C. L., Chen, Y., Chen, Z., Jiang, Q. B., Wu, C. and Pinyopusarerk, K. (2010) Improving drought tolerance of *Casuarina equisetifolia* seedlings by arbuscular mycorrhizas under glasshouse conditions. New Forests 40: 261-271.

Effects of *Glomus mosseae*, *G. intraradices* and *Gigaspora gigantea* mycorrhizal fungi on growth and nutrient absorption in *Cercis griffithii* L. seedlings

Javad Mirzaei *

Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

Abstract

A glasshouse pot experiment was conducted to investigate the effects of arbuscullar mycorrhiza fungi on growth (height, basal diameter, root weight and root volume), biomass (fresh and dry weight of root and shoot) and nutrient absorption (N, P and K in root and shoot) of *Cercis griffithii* For this purpose, we evaluated the effects of *Glomus mosseae*, *G. intraradices* and *Gigaspora giganthea* for 8 months under greenhouse conditions. The results showed that root colonization of seedlings via *G. mosseae* and *G. intraradices* were more than *Gi. giganthea.* Also, the height, fresh and dry weight of the roots and the shoots of seedlings inoculated with *G. mosseae* were higher than other funG. While, in terms of basal diameter, root length and root volume there were not significant differences between *G. mosseae* and *G. intraradices*, however they were more than the control treatment. On the other hand, fungi had different effects on nutrient absorption. In a way that, K uptake in root of seedlings inoculated with *Gi. gigantea* was significantly more than other ones. While, there were not significant differences in shoot potassium between treatments. Also, the arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) increased P and N uptake in shoot organs, while there were not significant differences between treatments at P uptake. It can be concluded that between these fungi species, in terms of improved growth conditions, the best treatments were: *G. mosseae*> *G. intraradices*> *Gi. giganthea*.

Key words: *Cercis griffithii*, Nutrient absorption, Arbuscular mycorrhiza, Morphologic

* Corresponding Author: j.mirzaei@mail.ilam.ac.ir