نشریه دانش آب و خاک / جلد۲۴ شماره۴ صفحه‌های ۱۲۹ تا ۱۳۸/ سال ۱۳۹۳

تاثیر سه گونه قارچ میکوریزا بر رشد و نمو، میزان کلونیزاسیون و غلظت فسفر ریشه گیاه گل جعفری آفریقایی *(Tagetes erecta)*

سعداله علیزاده اجیرلو*[1] و اسماعیل فرخپور[2]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۰۱

[1] - استادیار گروه مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[2] - دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی ،دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: azajirlo@tabrizu.ac.ir

چکیده

قارچ‌های میکوریز می‌توانند با افزایش کارایی آب مورد استفاده و جذب مواد معدنی، کاهش تنش‌های خشکی و شوری موجب بهبود رشد و نمو گیاهان شوند. به‌منظور بررسی تاثیر سه گونه قارچ میکوریز آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomus mosseae* و *Glomus versiforme*) بر پارامترهای رشد و نمو گیاه جعفری آفریقایی، آزمایشی گلخانه‌ای با چهار تیمار (گیاه غیرمیکوریزی یا شاهد و گیاهان تلقیح شده با هر کدام از سه قارچ مذکور) و پنج تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نتایج نشان داد که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا به‌طور معنی‌داری از رشد و نمو بهتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریز برخوردار بوده و همزیستی بین قارچ میکوریز و گیاه میزبان (جعفری آفریقایی) باعث افزایش معنی‌دار ($p\leq0.05$) ارتفاع گیاه (تا سه برابر)، اندازه گل(۱/۵ تا ۲/۵ برابر)، وزن تر(تا ۳ برابر)، وزن خشک (بیش از سه برابر)، درصد کلونیزاسیون، غلظت فسفر ریشه و گلدهی زودرس‌تر (۱۴-۱۵ روز) نسبت به شاهد در این گیاه شد. قارچ *Glomus versiforme* از لحاظ صفات ذکر شده، کارایی بالاتری نسبت به دو قارچ دیگر داشت. به نظر می‌رسد درصد بالای کلونیزاسیون در این قارچ دلیل احتمالی کارایی بهتر این قارچ بوده است.

واژه‌های کلیدی: فسفر، کلونیزاسیون ریشه، گل جعفری آفریقایی، گلدهی، میکوریز آربوسکولار

Effects of Three Mycorrhizal Fungi on Growth and Development, Colonization Rate and Phosphorus Concentration in Roots of Marigold (*Tagetes erecta)*

S Alizadeh Ajirlo [*1] and S Farrokhpor[2]

Received: ۱۸ June 2013 Accepted: 21 January 2014
[1-]Assist. Prof., Dept. of Landscape engineering, Univ. of Tabriz. Iran
[2-]Former M.Sc. Student, Dept. of Hort. Sci., Univ. of Tabriz. Iran
[*]Corresponding Author Email: azajirlo@tabrizu.ac.ir

Abstract

Mycorrhizal fungi may enhance plants growth and development by increasing the water use efficiency and nutrients uptake and alleviating of the salinity and drought stresses. This study was conducted to investigate the effects of three arbuscular mycorrhizal fungi species (*Glomus intraradices, G. mosseae* and *G. versiforme)* on growth and development parameters of marigold with four treatments (non inoculated or control plants and inoculated plants with three mentioned fungal species) and five replications in complete randomized design. Comparison of the mean values was done using Duncan's Multiple Range Test at 5% probability level. Inoculated plants with all the three mycorrhizal fungi had better growth and development than control plants and symbiosis of hosted plants with mycorrhizal fungi resulted in significantly ($p \leq 0.05$) increase of the plant height (upto 3 times), flower size (1.5-2.5 times), fresh and dry weights (more than 3 times), colonization rate, phosphorus concentration of root and earlier flowering (14-15 days) compared with non-inoculated plants. *G. versiforme* was more efficient than the other two mycorrhizal fungi regarding the mentioned traits. It seemed that the higher percentage of colonization with this species was the probable cause of its good efficiency.

Keywords: Arbuscular mycorrhiza, Flowering, Marigold, Phosphorus, Root colonization

مقدمه

بیش از ۸۲ درصد زمین‌های کشاورزی ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است که متوسط بارندگی آن در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است و کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان می‌باشد. بعلاوه همین مقدار بارندگی نیز از یک توزیع مناسب مکانی و زمانی برخوردار نیست (امیری و اسلامیان ۲۰۱۰). همچنین در بسیاری از خاک‌های ایران به دلیل بالا بودن pH و فراوانی یون کلسیم، به رغم فراوانی برخی از عناصر غذایی مانند فسفر، مقدار محلول و قابل جذب این عناصر، کمتر از مقدار لازم برای تامین رشد مناسب گیاه است. روش متداول برای مقابله با این کمبود استفاده از کودهای شیمیایی فسفره است که علاوه بر هزینه زیاد و بازدهی کم، آلودگی‌های زیست محیطی را نیز به دنبال دارند (راثی‌پور و علی اصغرزاده ۱۳۸۶). رابطه همزیستی بین قارچ میکوریز آربوسکولار و ریشه گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهد (آگه ۲۰۰۱). واکنش‌های مثبت ایجاد شده توسط همزیستی میکوریز آربوسکولار را به افزایش جذب یون‌های کم تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز توسط قارچ میکوریز آربوسکولار و انتقال آنها به گیاه میزبان نسبت می‌دهند (لیو و همکاران ۲۰۰۰). بسیاری از قارچ‌ها توانایی حل کردن فسفات‌های نامحلول را دارند (اختر و سیدیکویی ۲۰۰۹). همچنین این همزیستی سبب افزایش جذب و انتقال عناصر متحرک نظیر نیتروژن معدنی به ویژه در شرایط تنش خشکی نیز می‌شود (آزکون و همکاران ۱۹۹۶، لیو و همکاران ۲۰۰۷). همزیستی میکوریزی

آربوسکولار (AM[1])، یک همزیستی دوجانبه بین گیاهان و قارچ‌های گلومرومایکوتا[2] می‌باشد (سیوردینق ۱۹۹۱). ۹۵ درصد گونه‌های حاضر در جهان از گیاهان آوندی متعلق به تیره‌هایی هستند که همزیستی قارچ با برخی از اعضای تیره در آنها به اثبات رسیده است (کویلامبو ۲۰۰۳). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارای گسترده‌ترین رابطه همزیستی با ریشه گیاهان عالی در مقایسه با سایر قارچ‌های میکوریزایی می‌باشند. در حدود ۸۰ درصد از تمامی گونه‌های گیاهی خشکزی دارای این نوع همزیستی هستند (اسمیت ۱۹۹۷). جنس *گلوموس* در خانواده‌ی گلومراسه قرار می‌گیرد و فراوانترین قارچ‌های آربوسکولار در این جنس قرار دارند و با بیش از هفتاد گونه بزرگترین جنس در شاخه گلومرومایکوتا می‌باشد (ردکر و راب ۲۰۰۶، شوبلر و همکاران ۲۰۰۱). امروزه سعی می‌کنند از طریق تلقیح گیاهان با میکوریز، قابلیت جذب مواد غذایی گیاهان زراعی را افزایش دهند. تحقیقات انجام شده نشان داده است که گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز آب بیشتری جذب می‌کنند و رطوبت خاک را بهتر تخلیه می‌نمایند (اوگ ۲۰۰۴، روییز- لوزانو ۲۰۰۳). این افزایش جذب در گیاهان میکوریزایی حتی در شرایطی که فسفر خاک نیز زیاد باشد دیده می‌شود (جورج و همکاران ۱۹۹۵).

گل جعفری گیاهی زینتی از خانواده Asteraceae است که پراکنش جهانی گسترده‌ای داشته و یکی از بزرگترین خانواده‌های گیاهی است (کوتیلاینن و همکاران ۱۹۹۹). این گیاه یکساله و دارای برگ‌های مرکب بوده گل‌های آن به رنگ زرد لیمویی و زرد دیده می‌شود. دوره گل‌دهی در سراسر تابستان ادامه داشته و تا پاییز به طول می‌انجامد. همچنین پر رشد بوده و ارتفاع آن تا ۹۰ سانتی‌متر می‌رسد. دارای گل‌های پرپر کروی بزرگ بوده که قطر آن به ۱۲ سانتی‌متر یا بیشتر می‌رسد. انواع پاکوتاه آن نیز وجود دارد (قاسمی و کافی ۱۳۸۹). فرم‌های مختلف این گل در زیباسازی محیط و باغ و منظر، گلدانی و در بعضی کشورها به‌عنوان نخ‌آویز کاربرد دارد. هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر سه گونه قارچ میکوریز آربوسکولار (*Glomus versiforme*، *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) بر رشد و نمو، میزان کلونیزاسیون ریشه و غلظت فسفر ریشه گل جعفری آفریقایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده بعد از خشک کردن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و در گونی‌های کنفی پر شده و پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت چهار ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ بار در اتوکلاو استریل شد (علی اصغرزاده و همکاران ۲۰۰۱). مایه تلقیح قارچ‌های *Glomus intraradices*، *Glomus mosseae* و *Glomus versiforme* از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه تبریز تهیه شد. برای تکثیر زادمایه، مقدار ۳۰۰ گرم از هر قارچ به‌طور جداگانه در داخل گلدان‌های پنج کیلویی حاوی خاک شنی استریل اضافه شد و بذور ضدعفونی شده سورگوم در هر یک از گلدان‌ها کاشته شد. سپس گلدان‌ها در اتاقک رشد (دمای حدود ۲۸ درجه، فتوپریود ۱۶ ساعت روز و ۸ ساعت شب و رطوبت نسبی ۶۰ درصد) قرار داده شدند. گیاهان سورگوم به مدت چهار ماه در اتاقک رشد پرورش یافت تا ریشه‌ها با قارچ‌های مورد نظر کلونیزه شوند. در این مدت گلدان‌ها هفته‌ای یکبار به‌طور کامل با نصف غلظت محلول غذایی راریسون[3] تغذیه و با آب مقطر استریل تا حصول رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه از طریق توزین گلدان‌ها آبیاری شدند. پس از چهار ماه اندام هوایی گیاهان از سطح خاک قطع گردید و مخلوط داخل گلدان شامل هیف‌ها، اسپورها و ریشه‌های میکوریزی همراه خاک گلدان به‌عنوان زادمایه مورد استفاده قرار گرفت (علی اصغرزاده و همکاران ۲۰۰۱).

خاکی که برای کاشت بذر گل جعفری آفریقایی استفاده شد ترکیبی از خاک لومی شنی (با مشخصات ارائه شده در جدول ۱) حاوی زادمایه قارچ میکوریز (۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک) و کود آلی پاستوریزه شده

1-Arbuscular mycorrhiza
2-Glomeromycota

۳-Rorison

به نسبت ۱:۲ بود. کود آلی مورد استفاده بر اساس اطلاعات موجود در برچسب مربوطه حاوی ۲/۱۰ درصد نیتروژن کل، ۱/۹ درصد فسفر، ۳/۳ درصد پتاسیم، ۲۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن، ۲۷ میلی-گرم در کیلوگرم مس، ۱۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم روی و ۲۱۵/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم منگنز و خاک مورد استفاده برای تیمار شاهد، ترکیبی از خاک لومی شنی استریل و کود آلی پاستوریزه شده به نسبت ۱:۲ بود.

بذر F_1 گل جعفری (*Tagetes erecta*) به مدت نیم دقیقه در الکل اتیلیک ۹۶ درصد ضد عفونی شده و سپس پنج دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم دو درصد قرار داده شدند و جهت حذف هیپوکلریت سدیم از سطح بذرهای ضدعفونی شده بذور حداقل سه بار با آب مقطر استریل شستشو و سپس به‌منظور جوانه‌زنی در ظروف حاوی آب- آگار یک درصد با فواصل مناسب توزیع و در انکوباتور در دمای ۲۸ درجه سلسیوس قرار داده شدند. برای هر تیمار پنج گلدان سه کیلویی با خاک مورد نظر ریخته شده سپس بذور در هر یک از گلدان‌ها کاشته شد و با آب مقطر آبیاری شدند و گلدان-ها به اتاقک رشد (دمای حدود ۲۸ درجه، فتوپریود ۱۶ ساعت روز و ۸ ساعت شب و رطوبت نسبی ۶۰ درصد) منتقل شدند.

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار انجام شد. تیمار شماره یک در این آزمایش شاهد (خاک بدون قارچ میکوریز) و قارچ‌های *Glomus versiforme*، *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* سه تیمار دیگر در این بررسی بودند که در ادامه به ترتیب با علایم اختصاری NM، *Gv*، *Gm* و *Gi* نشان داده خواهند شد.

جدول۱- برخی مشخصات اندازه‌گیری شده خاک لومی شنی مورد استفاده در آزمایش.

شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	هدایت الکتریکی (dS/ m)	pH	کربن آلی (٪)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)
۷۶	۱۸	۶	۰/۸	۷/۶	۱/۲	۱۸۰	۳/۶

صفات اندازه‌گیری شده:

مدت زمان لازم برای گلدهی یا تعداد روزهای بین کاشت بذر و ظهور اولین گل (غنچه) برای هر تیمار یادداشت شد. قطر گل‌ها با استفاده از کولیس اندازه-گیری و ثبت گردید. طول شاخه‌ها بعد از رشد کافی و تشکیل گل به‌وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین وزن تر گیاهان، بعد از رشد کافی و تشکیل گل قسمت هوایی گیاه را از طوقه بریده و بلافاصله با ترازو وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه‌های گیاهی برداشت شده در پاکت‌های کاغذی به داخل آون فن‌دار منتقل شد و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت سه روز خشک شدند. پس از این مدت نمونه‌ها از آون خارج گردیده و به کمک ترازوی با حساسیت ۰/۰۰۱g وزن خشک آنها تعیین شد.

بعد از جداکردن ریشه‌ها و شستن کامل آنها، رنگ‌آمیزی بافت‌ها به روش کورمانیک و مک گراو (۱۹۸۲) انجام گردید وبا روش‌های متداول برای تعیین درصد کلونیزاسیون استفاده شدند (لیونگ و همکاران ۲۰۰۷، نوریف و همکاران ۱۹۹۲). به منظور اندازه‌گیری فسفر ریشه، نمونه های گیاهی به روش ترسوزانی (نسبت ۱:۳ اسید نیتریک و اسید کلریدریک) هضم شدند و با روش رنگ سنجی وانادات – مولیبدات در طول موج ۴۳۰ نانومتر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد (کاتینه ۱۹۸۰).

آنالیز داده ها

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با EXCEL انجام گردید.

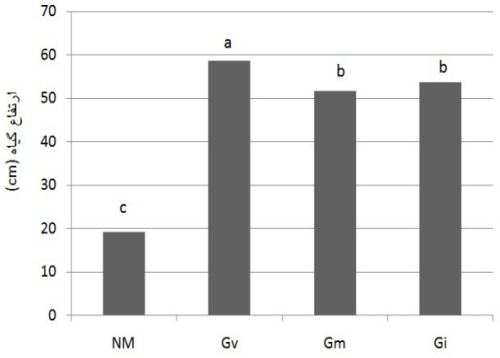
نتایج و بحث

اثر تلقیح با قارچ میکوریز بر ویژگی‌های رشد گیاه گل جعفری آفریقایی

بررسی جدول آنالیز کلی (جدول ارائه نشده است) نشان داد که تلقیح ریشه گیاه گل جعفری با سه نوع از قارچ‌های میکوریزا تاثیر معنی‌داری بر بیشتر صفات رشد و نمو و نیز کلونیزاسیون قارچ‌ها دارد که به تفصیل به نتایج اخذ شده اشاره می گردد.

تاثیر تلقیح ریشه گیاه گل جعفری با قارچ میکوریزا بر ارتفاع گیاه

تلقیح ریشه گیاه گل جعفری با قارچ‌های میکوریز (*Gv*، *Gm* و *Gi*) باعث افزایش ارتفاع گیاه شد به‌طوری که گیاهان غیرمیکوریزی (شاهد)، ارتفاع کمتری نسبت به همه گیاهان میکوریزی داشتند (شکل۱). بین میانگین طول گیاهان میکوریزی و گیاهان غیرمیکوریزی تفاوت معنی‌دار و در سطح احتمال ۵٪ وجود داشت. همچنین طول گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تیمار شده با دو قارچ *Gm* و *Gi* بود ولی ارتفاع گیاهان تلقیح شده با دو قارچ *Gm* و *Gi* تفاوت معنی‌داری نداشتند. ارتفاع گیاهان همزیست با قارچ *Gv* تقریباً سه برابر طول گیاهان شاهد بود.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر گونه‌های قارچ میکوریز بر ارتفاع گیاه گل جعفری آفریقایی.

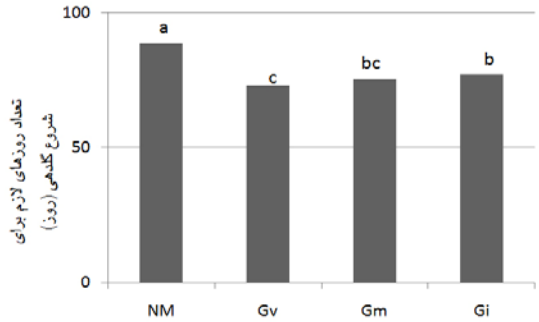
دوپونویس و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که تلقیح قارچ *Gi* به همراه تیمار با سنگ فسفات به افزایش طول گیاهان آکاسیا (*Acacia holosericea* L.) منجر گردید. در تحقیقات گاه و همکاران (۱۹۹۷) درصد بقاء نشاهای میکوریزی بیشتر از غیرمیکوریزی بوده و تعداد گره‌ها، شاخه‌های عمودی و برگ‌های گیاهان در نشاهای میکوریزی تقریباً دو برابر نشاهای غیرمیکوریزی بوده است. برای حصول به حداکثر بهره-گیری از پتانسیل مفید سیستم‌های میکوریزی ضروری است که مناسب‌ترین گونه قارچ برای هر واریته گیاهی و شرایط زراعی مورد نظر انتخاب گردد و سپس در هنگام کاشت گیاه به مقدار کافی از مایه تلقیح آماده شده در ناحیه فعالیت سیستم ریشه‌ای گیاه قرار داده شود (خاوازی و همکاران ۱۳۸۰). موفقیت در این عمل بستگی به گونه‌های قارچ میکوریز، شرایط اقلیمی حاکم، نوع گیاه و خاک دارد، به گونه‌ای که هر قدر درجه حاصلخیزی خاک کمتر باشد تاثیر مثبت عمل تلقیح زیادتر است. رشد و تکامل قارچ‌ها به تغذیه آنها با هیدرات کربن بستگی دارد، بنابراین شدت فتوسنتز گیاه میزبان در این روند تاثیر بسزایی دارد و شدت نور تولید آربوسکول را تقویت می‌کند (حق‌پرست ۱۳۷۱).

تاثیر تیمارها در تسریع گلدهی

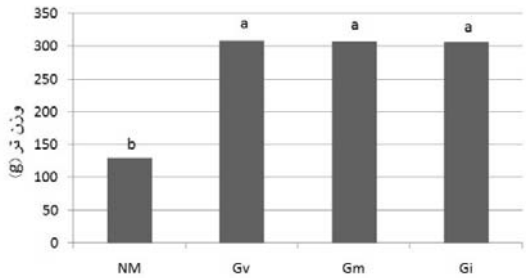
تشکیل اولین گل در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی در مدت زمان کوتاه‌تری رخ داد به‌طوری که در گیاهان همزیست با قارچ‌های *Gv*، *Gm* و *Gi*، ظهور اولین گل به ترتیب تقریباً ۱۵، ۱۳ و ۱۱ روز زودتر از گیاهان شاهد مشاهده شد (شکل ۲). تفاوت بین تعداد روزهای لازم برای آغاز گلدهی در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی معنی‌دار ($p\leq0.05$) بود به‌طوری که مقایسه گیاهان تیمار شده با قارچ میکوریز و شاهد معین ساخت که مدت زمان لازم برای شروع گلدهی در گیاهان میکوریزی به‌طور معنی‌دار و ۱۴-۱۵ روز کمتر از گیاهان غیرمیکوریزی است. گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* سریع‌تر از گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi* گلدهی را آغاز کردند ولی مدت زمان اولین گلدهی بین گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* و قارچ *Gm* تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین طول این زمان بین گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* و قارچ *Gi* تقریباً یکسان بود.

در تعدادی از ارقام گل فرزیا (*Freesia X hybrida*) تلقیح شده با قارچ میکوریزای *Gi*، گلدهی به

مدت تقریباً ۲۰ روز تسریع شده و سوخچه‌های با وزن و تعداد بیشتر، تعداد گل، گل آذین و برگ بیشتری تولید شد. همچنین ریخت شناسی گیاهان تلقیح شده دچار تغییر شده و غلظت روی، گوگرد، پروتئین، اسید آمینه و قند در سوخ‌ها افزایش یافت (اسکاگل ۲۰۰۳). در گل هارلکین (*Sparaxis tricolor*) نیز تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزای *Gi* به تسریع ۷-۸ روز در گلدهی منجر شد (اسکاگل ۲۰۰۴).



شکل ۲- مقایسه میانگین تاثیر قارچ میکوریز بر تعداد روزهای لازم برای شروع گلدهی گیاه جعفری آفریقایی.



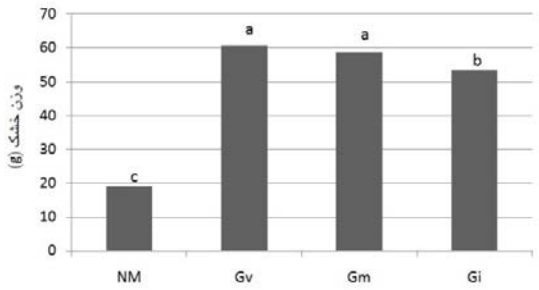
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر قارچ میکوریز بر وزن تر اندام‌های هوایی گیاه جعفری آفریقایی.

وزن تر قسمت هوایی

وزن تر قسمت هوایی در گیاهانی که با قارچ میکوریز تلقیح شده بودند در مقایسه با گیاهان شاهد، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و افزایش وزن تر در مورد گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های *Gv*، قارچ *Gm* و قارچ *Gi* در مواردی حتی بیش از دو برابر گیاهان غیر تیمار شده بود (شکل ۳). میانگین‌های وزن‌تر اندام هوایی گیاهانی که ریشه‌های آنها با قارچ *Gv*، قارچ *Gm* و قارچ *Gi* تلقیح شده بودند تفاوت معنی‌داری نشان ندادند.

وزن خشک اندام‌های هوایی

مشاهدات نشان داد که در گیاهان همزیست شده با قارچ میکوریزا، وزن خشک اندام‌های هوایی به طور معنی داری بیشتر بود. وزن خشک گیاهان همزیست با قارچ *Gv* و *Gm* در مقایسه با شاهد حدوداً سه برابر بود همچنین این پارامتر رشد در تیمار *Gi* نسبت به شاهد تقریباً بیش از دو برابر بود (شکل ۴). گیاهانی که با قارچ *Gv* تلقیح شده بودند در مقایسه با گیاهانی که با قارچ *Gi* تلقیح شده بودند به‌طور معنی‌داری وزن خشک بیشتری داشتند. همچنین گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi* به طور معنی-داری وزن خشک بیشتری داشتند ولی این پارامتر در گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* و گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* تقریباً یکسان بود.



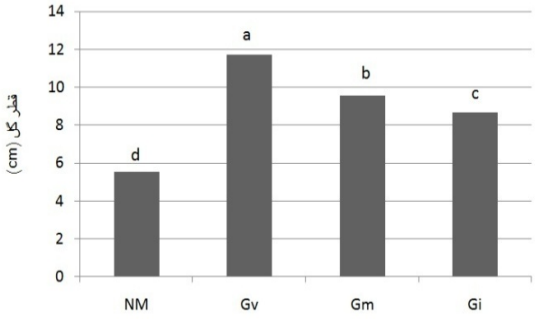
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه جعفری آفریقایی.

بررسی اثر قارچ *Gi* در شرایط شور بر نوعی عدس حاکی از آن بود که این قارچ رشد گیاه را در شرایط شور بهبود بخشید (سانناززارو و همکاران ۲۰۰۶). در پژوهشی گزارش شد که گیاه *Strophostyles helvala* تلقیح شده با *Gm* به‌طور معنی‌داری وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کلروفیل بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزی داشتند (تاسانق ۱۹۹۹). گیو و همکاران (۲۰۰۶) با تلقیح قارچ *Gm* به گیاه *Atractylodes lancea* نشان دادند که سطح برگی گیاهان تیمار شده با قارچ نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. تحقیقات گاه و

همکاران (۱۹۹۷) نشان داد که نشاهای گوجه فرنگی تلقیح شده با قارچ‌های میکوریز *Gm* در خاکی که فسفر پایینی داشته است بهتر از نشاهای غیرمیکوریزی رشد کرده و گوجه‌فرنگی‌های میکوریزی شده وزن خشک بالاتری داشته‌اند. همچنین به تاثیر مثبت قارچ میکوریز *Gi* در افزایش تعداد گل و بیوماس، غلظت بالای روی، گوگرد، نیتروژن، اسیدهای امینه و کربوهیدرات در گیاه هارلکین (*Sparaxis tricolor*) در مقایسه با گیاهان غیر تلقیح شده اشاره شده است (اسکاگل ۲۰۰۴).

قطر گل

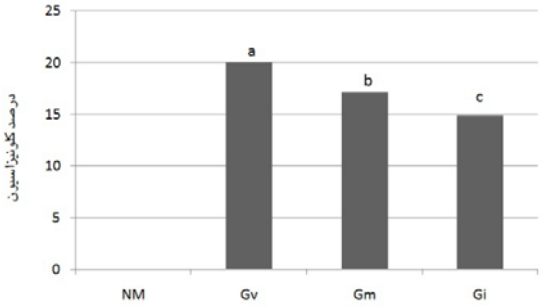
قطر گل یکی از صفات مهم در گلکاری می‌باشد. این بررسی نشان داد که تلقیح ریشه با قارچ‌های میکوریزا باعث افزایش قطر گل در گیاه گل جعفری می‌شود و گل‌های گیاهان غیرمیکوریز شده نسبت به گیاهان میکوریزی در اندازه‌های کوچکتری مشاهده گردید (شکل ۵) و تفاوت میانگین قطر گل بین گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریز و گیاهان غیرمیکوریز معنی‌دار بود. گونه قارچ نیز تاثیر متفاوتی را در گیاهان تیمار شده موجب شد و گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* نسبت به گیاهان تلقیح شده با دو نوع قارچ *Gm* و *Gi* به‌طور معنی‌داری قطر گل بیشتری داشتند. همان‌طورکه در شکل ۵ نیز ملاحظه می‌شود قطر گل در گیاهان تلقیح شده از ۱/۵ تا ۲/۵ برابر قطر گل در گیاهان غیر تلقیح شده است. همچنین گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi*، به‌طور معنی‌داری به تولید گل‌های با قطر بیشتری منجر شدند.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر قارچ میکوریز بر قطر گل گیاه جعفری آفریقایی.

درصد کلونیزاسیون

بررسی‌های میکروسکوپی ریشه گیاهان نشان داد که ریشه‌ی گیاهانی که در بستر آنها از قارچ‌های میکوریزا استفاده شده بود کلونیزه شده بودند ولی در ریشه‌ی گیاهانی که بستر آنها فاقد قارچ میکوریزا بود چنین علایمی دیده نشد. از طرف دیگر میزان کلونیزاسیون ناشی از سه نوع قارچ مورد استفاده متفاوت بود به‌طوری که گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* و گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi*، به طور معنی‌داری درصد کلونیزاسیون بیشتری داشتند. همچنین در گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi*، به‌طور معنی‌داری درصد کلونیزاسیون بیشتری مشاهده و ثبت شد (شکل۶).



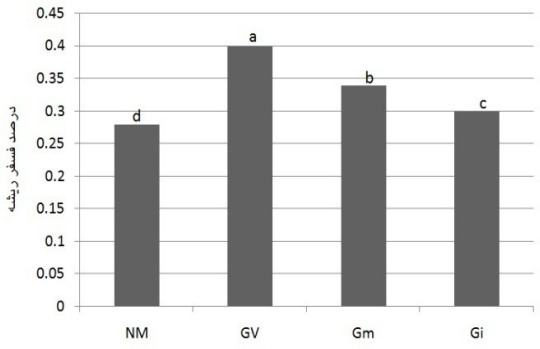
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر قارچ میکوریز بر درصد کلونیزاسیون در گیاه گل جعفری آفریقایی.

غلظت فسفر ریشه

همزیستی میکوریزی با هر سه گونه‌ی قارچی در گیاه گل جعفری سبب افزایش غلظت فسفر ریشه نسبت به شاهد گردید (شکل ۷). تفاوت غلظت فسفر ریشه بین گیاهان میکوریز و گیاهان غیرمیکوریز معنی‌دار بود به‌طوری که گیاهان میکوریز نسبت به گیاهان غیرمیکوریز غلظت فسفر ریشه بیشتری داشتند. گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gv* نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* و گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi*، به‌طور معنی‌داری غلظت فسفر ریشه بیشتری داشتند. همچنین در گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gm* نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *Gi*،

غلظت فسفر در ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد.

اهمیت قارچ‌های AM در تامین فسفر گیاه از طریق جذب و انتقال آن به واسطه هیف‌های قارچ ریشه-ای نشان داده شده است. مهمترین عنصری که در اثر همزیستی با قارچ‌های میکوریزی، افزایش می‌یابد فسفر است (عبدالناصر ۱۹۹۸، اوگ ۲۰۰۱، رویز- لوزانو ۲۰۰۳). این کارایی در جذب و انتقال فسفر گاهی تا ۵۰ برابر سایر عناصر نیز برآورد شده است (جاکوبسن ۱۹۹۴، کوپر و تینکر ۱۹۷۸). قطر متوسط هیف‌ها ۳ تا ۴ میکرومتر است و هیف‌های نازکتر برای جذب فسفر از منافذ ریز خاک مناسب‌تر هستند. به‌طور کلی ساز و کارهای افزایش جذب فسفر توسط قارچ میکوریز در سه دسته فیزیکی، بیوشیمیایی و فیزیولوژیک تقسیم-بندی می‌شوند (هیمن ۱۹۸۳). برخی هیف‌ها ممکن است تا ده سانتی‌متر دورتر از سطح ریشه توسعه یابند. آن‌ها می‌توانند ریزوسفر را از طریق افزایش تراوش پروتون یا افزایش فشار دی‌اکسید کربن، اسیدی کنند (ریگون و میگنارد ۱۹۹۴) که می‌تواند فسفر را به ویژه در خاک‌های آهکی و خنثی متحرک کنند (باگو و آزکون ۱۹۹۷). علاوه بر افزایش جذب فسفر در اثر همزیستی ریشه گیاهان با قارچ‌های میکوریز، جذب عناصر غذایی دیگر نظیر نیتروژن، روی، مس و گاهی پتاسیم نیز افزایش می‌یابد (اوگ ۲۰۰۴، کویلامبو ۲۰۰۳).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر قارچ میکوریز بر محتوای فسفر ریشه گیاه جعفری آفریقایی.

بررسی عبدل واسا و خالد (۲۰۱۰) نشان داد که قارچ‌های میکوریز تمامی پارامترهای رشد گیاهان جعفری تلقیح شده را در مقایسه با گیاهان غیر تلقیح شده تحریک کرد. همچنین این قارچ‌ها، رنگدانه‌های فتوسنتزی (کاروتن در گل‌ها و کلروفیل‌های a و b در برگ‌ها) را در تمامی تیمارهای کاملاً آبیاری شده و یا تحت تنش آبی بهبود بخشیدند. به‌طوری‌که در گیاهان با آبیاری کامل و تلقیح شده با قارچ میکوریز، مقدار فتوسنتز در مقایسه با گیاهان شاهد ۶۰٪ افزایش نشان داد. در اغلب گیاهان تحت تنش آبی وجود قارچ میکوریز باعث کاهش تنش خشکی در این گیاه شد و نتایج کلی آنها معین کرد که کلونیزاسیون قارچ میکوریزی موجب تاثیر مثبت در رشد، رنگدانه‌ها و میزان فسفر و کیفیت گل می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

منظرها و فضاهای سبز اغلب مناطق کشور با مشکل فقر در خاک و شوری و کم آبی مواجه هستند. قارچ‌های میکوریزا راهکاری مناسب، طبیعی و دوستدار محیط زیست در رفع مشکلات یاد شده هستند. گل جعفری آفریقایی یکی از گیاهان برخوردار از فرم‌ها و اندازه‌های متنوع و محبوب در منظر و فضای سبز است. در این پژوهش و نتایج تحقیقات ارجاع شده در آن، به امکان همزیستی و تاثیر مثبت قارچ‌های جنس *گلوموس* با گل جعفری اشاره شد. یافتن راه‌حل‌های طبیعی از جمله استفاده از قارچ‌های میکوریزی در گیاهان زینتی بسیار ارزشمند و البته نیاز به تحقیقات گسترده‌ای دارد و امید است این پژوهش، شروعی برای تحقیقات بیشتر در این زمینه و استفاده از مزیت آن در سایر گیاهان زینتی و با گونه‌های دیگری از قارچ‌های میکوریز باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه تبریز به‌خاطر تامین قارچ‌های میکوریزا و آقایان دکتر بلند نظر و دکتر مطلبی آذر که در نگارش مقاله و تحلیل داده‌ها ما را یاری فرمودند ابراز می‌کنند.

منابع مورد استفاده

راثی‌پورل و علی اصغرزاد ن، ۱۳۸۶. اثرات متقابل باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *برادی ریزوم جاپونیکوم* بر شاخص‌های رشد، غده‌بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم، شماره ۴ الف. صفحه‌های ۵۳ تا ۶۳.

حق پرست تنها م، ۱۳۷۱. تغذیه و متابولیسم گیاهان (ترجمه). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

خاوازی ک و ملکوتی م، ۱۳۸۰. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک (مجموعه مقالات). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش.

قاسمی م و کافی م، ۱۳۸۹. گلکاری علمی و عملی. جلد اول. چاپ پنجم. انتشارات ناشر. اصفهان. صفحه‌های ۲۷ تا ۱۲۹.

Abdoul-Naser A, 1998. Effects of inoculation *Glomus intraradices* phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakistan J Bio Sci 5: 835-841.

Abdul-Wasea AA and Khalid ME, 2010. Alleviation of drought stress of marigold *(Tagetes erecta)* plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi J Bio Sci. 18:93-98.

Akhtar MS and Siddiqui ZA, 2009. Effects of phosphate solublizing microorganisms and *Rhizobium sp*.on the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. African J Biotec 8 (15): 3489-3496.

Aliasgharzadeh N, Rastin SN, Towfighi H and Alizadeh A, 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. Mycorrhiza 11: 119-122.

Amiri MJ and Eslamian SS, 2010. Investigation of climate change in Iran. J Env Sci Technol 4: 208-216.

Auge RM, 2001. Water relation, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11: 3-42.

Auge RM, 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relation. Can J Soil Sci 84: 373-381.

Azcon R, Gomez M and Tobar R, 1996. Physiological and nutritional responses by *Lactuca sativa* L. to nitrogen sources and mycorrhizal fungi under drought conditions. Biol Fertil Soils 22: 156–161.

Bago B and Azcon-Aguilar C, 1997. Changes in the rhizospheric pH induce by arbuscular mycorriza formation in onion *(Allium cepa L.)* Z. Pflanz Bodalenkunde 160: 333-339.

Cooper KM and Tinker PB, 1978. Translocation and transfer of nutrients in vesicular arbuscular mycorrhizas. New Phytologist 81: 43-52.

Cottenie A, 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Soils Bull 38/2 FAO, Rome

Duponnois R, Colombet A, Hien, V and Thioulouse J, 2005. The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. Soil Biol Biochem 37:1460-1468.

George E, Marshner H and Jakobsen I, 1995. Role of *Arbuscular mycorrhizal* fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. Critical Review of Biotechnol 15:257-270.

Goh TB, Banerjee MR, Shihua T and Burton DL, 1997. Mycorrhizae mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Can J Plant Sci 77: 339-346.

Guo LP, Wang HG, Huang LQ, Jiang YX, Zhu YG, Kong WD, Chen BD, Chen ML, Lin SF and Fang ZG, 2006. Effects of Arbuscular Mycorrhizae on growth and essential oil of *Atractylodes Lancea*. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi 31 (18): 96 -1491.

Hayman DS 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhiza symbiosis. Can J Bot 61: 944-963.

Jakobsen I, 1994. Research approaches to study the functioning of vesicular arbuscular mycorrhizas in the field. Plant and Soil 159: 141-147.

Kormanik PP and McGraw AC, 1982. Quantification of vesicular–arbuscular mycorrhizae in plant roots, Pp. 37–45. In: Schenk NC (ed). Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Amer Phytopathol Soc St. Paul Minn.

Kotilainen M, Helariutta Y and Mehto M, 1999. *GEG* participates in the regulation of cell and organ shape during corolla and carpel development in *Gerbera hybrida*. Plant Cell 11 (6): 1093-1104.

Leung HM, Ye ZH and Wong MH, 2007. Survival strategies of plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi on toxic mine tailings. Chemosphere 66: 905-915.

Liu A, Hamel C, Hamilton RI, Ma BL and Smith DL, 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhizae 9: 331-336.

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 Regul 52: 29 - 39.

Norrif IR, Read DJ and Varma AK, 1992. Methods in Microbiology. Vol 24. Techniques for study of Mycorrhiza. Academic press, London.

Quilambo OA, 2003. The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. African Biotech 2: 539-546.

Redecker D and Raab P, 2006. Phylogeny of The *Glomeromycota* arbuscular mycorrhizal fungi: recent developments and new gene markers. Mycologia 98(6): 885-895.

Rigon L And Mignard E, 1994. Factor of acidification of the rhizosphere of mycorrhiza plants: Measurement of P and CO_2 in the rhizosphere. Acta Bot Gall 141: 533-539.

Ruiz-Lozano JM, 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13: 309-317.

Sannazzaro AI, Ruiz OA, Alberto EO and Menendez AB, 2006. Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intradices*. Plant and Soil 285:279-287.

Scagel CF, 2003. Inoculation with Arbuscular mycorrhizal fungi alters nutrient allocation and flowering of *Freesia X hybrida*. J Env Hort 21(4):196-205

Scagel CF, 2004. Inoculation with Vesicular Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacterial alters nutrient allocation and flowering of *Harleqin* flower. HortTech 14(1):39-48

Schubler A, Schwarzott D and Wallker C, 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. Mycological Research 105(12): 1432-1441.

Sieverding E, 1991. Vesicular arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Technical Cooperation: 80 - 371.

Smith SE and Read DJ, 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic press, San Diego California.

Tasang A, and Maum MA, 1999. Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Strophostyles helvola* in coastal foredunes. Plant Ecology 144:159–166.