Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 50, No 4, Winter 2020 (815-824)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.262350.1481

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸ (ص ۸۲۴-۸۱۵)

تأثیر همزیستی قارچ مایکوریزا آربسکولار بر برخی شاخص‌های کیفی و فیزیولوژیکی گل لیزیانتوس گلدانی (*Eustoma grandiflorum* 'Matador Blue')

ایمان فرخوند[۱]، سعید ریزی[۲*]، رحیم برزگر[۲] و مسعود فتاحی[۳]
۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱)

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اثر همزیستی سه گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices, Glomus mosseae, Glomus howei*) بر شاخص‌های رشد و کیفیت گل لیزیانتوس (*Eustoma grandiflorum*) پاکوتاه اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عامل مایکوریز، غلظت و بستر کشت در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد مایکوریزا باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع گیاه و تعداد غنچه شد. محتوای کلروفیل و نیتروژن نیز با افزایش میزان قارچ‌ریشه‌ها نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشت. به طور کلی کاربرد مایکوریزا توانست غلظت فسفر و نیتروژن را در برگ گیاهان لیزیانتوس گلدانی افزیش دهد. بر اساس نتایج تلقیح بستر کاشت با قارچ‌های مایکوریزا می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی وضعیت تغذیه‌ای گیاه گلدانی لیزیانتوس را بهبود بخشد و همچنین باعث بهبود شاخص‌های رویشی و زایشی شود.

واژه‌های کلیدی: توپی، عناصر، کلروفیل، گلدان.

Effect of symbiosis of several mycorrhiza arbuscular fungi species on some quality and physiological indices of potted lisianthus flower (*Eustoma grandiflorum* 'Matador Blue')

Iman Farrokhvand[1], Saeed Reezi[2*], Rahim Barzegar[2] and Masoud Fattahi[3]
1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Assistant Professor, and Ph.D. Candidate, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran
(Received: Jul. 29, 2018- Accepted: Dec. 22, 2018)

ABSTRACT

This experiment established to investigate the effect of symbiosis of three mycorrhizal arbuscular fungi (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus howei*) on growth and quality of dwarf lisianthus flower (*Eustoma grandiflorum* 'Matador Blue'). The experiment carried out as factorial based on completely randomized design with three factors, mycorrhizal arbuscular fungi, concentration and bed culture in three replications. The results showed that mycorrhizal increased fresh and dry weight of aerial parts and roots, and plant height and number of buds. Chlorophyll concentration and nitrogen content also increased significantly with increasing mycorrhiza content compared to control. Generally, mycorrhiza application increased P and N content in pot lisianthus leaves. According to the results, incubation of medium with mycorrhiza significantly could improve the nutritional conditions of pot lisianthus and improve the vegetative and generative traits too.

Keywords: Chlorophyll, elements, plug, pot.

* Corresponding author E-mail: Sreezi57@yahoo.com

مقدمه

لیزیانتوس با نام علمی *Eustoma grandiflorum* متعلق به تیره جنتیاناسه (Gentianaceae) می‌باشد (Halevey & Kofranek, 1984). این گیاه بومی آمریکای شمالی بوده و در بخش شمالی مکزیک، تگزاس، اوکلاهاما، کانزاس، نبراسکا، کلرادو، ویومینگ و جنوب داکوتا مشاهده شده است (Ghasemi-ghehsare & Mohammadi, 2008). اما بیشتر در ژاپن توسعه پیدا کرده است و از اهمیت بالایی در بازارهای جهانی برخوردار است. در باغبانی به عنوان یک گل تزیینی گلدانی، گیاه بستری و گل شاخه بریده در بیشتر نقاط دنیا کشت می‌شود و دارای انواع یک‌ساله، دوساله یا چندساله‌های کوتاه‌عمر است (Ghasemi-ghehsare & Kafi, 2008). جنس *Eustoma* بسته به محلی که رشد می‌کند ممکن است به عنوان گیاه یکساله، دوساله یا چندساله ظاهر شود. برگ‌ها کمی گوشتی و گل‌های درشت قیفی شکل روی ساقه‌های مستقیم بلند رشد می‌کنند (Anderson, 2007). این گیاه زمانی که اولین بار در فهرست کاتالوگ‌های بذر در اوایل دهه ۱۹۸۰ در ایالات متحده قرار گرفت به نام *Lisianthus russellianus* نامگذاری شد (Anderson, 2007). لیزیانتوس گیاهی است چندساله که در اکثر موارد به عنوان گیاه یک ساله کشت می‌شود. بذر آن نسبتاً ریز (۱۹۰۰۰ بذر در هر گرم) است و کشت مستقیم آن در مزرعه مشکل می‌باشد. به همین دلیل بذرها معمولا در سینی نشا کشت شده و سپس نشاهای حاصل به زمین اصلی منتقل می‌شوند. بذر لیزیانتوس در پاییز یا اواخر زمستان در دمای ۱۶–۱۳ درجه سانتی‌گراد کاشته می‌شود. بذر باید به صورت سطحی کاشته و با ورمی‌کولایت پوشش داده شود (Ghasemi-ghehsare & Kafi, 2008). دانهال‌ها به‌طور معمول بعد از تولید سه تا چهار جفت برگ واقعی، در صورتی که دما مناسب باشد به مرحله گل‌دهی می‌روند. لیزیانتوس از مرحله جذب آب توسط بذر در طول جوانه‌زدن تا تشکیل سه تا چهار جفت برگ، به دماهای بالا حساس است (Ghasemi-ghehsare & Kafi, 2008).

مایکوریزا از دو کلمه Myco به معنی قارچ و Rhiza به معنی ریشه تشکیل شده و نشان‌دهنده همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه میزبان می‌باشد که در حالت کلی هر دو طرف از این همزیستی سود می‌برند (Thomas, 2019). در این همزیستی منبع کافی کربوهیدرات، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و برخی مواد آلی دیگر توسط گیاه برای قارچ همزیست فراهم می‌شود و در مقابل ایجاد همزیستی فواید متعددی را برای گیاه میزبان درپی دارد که شامل بهبود تغذیه عناصری نظیر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن توسط سیستم مایکوریزی و جذب آب، جذب کربن اضافی، افزایش ظرفیت انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی، افزایش تولید هورمون‌های گیاهی، بهبود مقاومت در مقابل عوامل بیماریزا و تحمل در برابر فلزات سنگین می‌باشد (Smith & Read, 1997; Quilambo, 2003). امروزه تلقیح نشا با ایزوله‌های مؤثر مایکوریزا به عنوان یک عمل تجاری رایج برای محصولاتی که در خزانه تولید می‌شوند و بعداً در فضای اصلی کشت می‌شوند، افزایش یافته است (Douds *et al*., 2005). در تولید نشای ارگانیک گواهی شده، منافع تلقیح با مایکوریزا کاملاً واضح است (Raviv, 2010). هزینه‌ی استفاده از مایکوریزا در بخش باغبانی توجیه‌پذیر است، با این حال، برای محصولات زراعی مانند ذرت و گندم هنوز مقرون به صرفه نیست. در آینده، با فرآیندهای تولید ارزان‌تر، یا ماده تلقیحی مؤثرتر، استفاده از مایکوریزا در محصولات زراعی امکان‌پذیر است (Raviv, 2010).

در بررسی که بر تأثیر قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار بر ویژگی‌های کمی و کیفی رشد ریشه، شاخه و گل لیزیانتوس، انجام شد محققان به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده، رشد و تولید بیوماس بیشتری در مقایسه با گیاهان شاهد داشتند. تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار به‌طور قابل توجه و به‌طور معنی‌داری تعداد روز لازم تا گلدهی را کاهش و ویژگی‌های ساقه‌ی گل‌دهنده شامل طول و تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد و قطر گل و وزن تر کل گل در بوته لیزیانتوس را افزایش داد (Khandanmirkohi *et al*., 2015). به‌منظور بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* بر مقاومت به شوری سه اکوتیپ گیاه دارویی شاهدانه، پژوهشی در خاک‌های شور زمین‌های کشاورزی شمال شرق اصفهان انجام شد.

عوامل مورد آزمایش شامل سه اکوتیپ شاهدانه (اصفهان، شیراز و مشهد) و قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* و تیمار شاهد (بدون قارچ) بود، که در معرض خاک شور و آب آبیاری شور مزرعه قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان دادند وزن خشک کل گیاه، ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی بوته در زمان گلدهی و عملکرد دانه گیاهان تلقیح یافته با مایکوریزا نسبت به شاهد بیشتر بود (Zarei *et al.*, 2014). در بررسی که Ehsani *et al.* (2013) روی همزیستی قارچ مایکوریزا (*Glomus intrardices*) و سورگوم انجام دادند به این نتایج دست یافتند طول ریشه، وزن خشک ساقه، برگ، دانه و بوته با حضور مایکوریزا افزایش قابل ملاحظه‌ای داشتند. همچنین طول ریشه، ساقه، اندام هوایی و پانیکول، تعداد دانه در پانیکول و وزن دانه در سطح یک درصد در قیاس با نمونه شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند. با توجه به اینکه تولید گل لیزیانتوس با کیفیت به تولید نشای خوب وابسته می‌باشد، در این آزمایش از سه گونه قارچ مایکوریزا آربوسکولار استفاده شد تا تأثیر آن علاوه بر کیفیت نشا، بر ویژگی‌های گل لیزیانتوس رقم Matador Blue در شرایط گلدان نیز بررسی شود و همچنین بهترین نوع و سطح قارچ برای این رقم معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش بذر لیزیانتوس گلدانی (F_1) رقم "Matador Blue" داخل سینی‌های کشت توپی (۴۵ تایی) با قطر و عمق دهانه پنج سانتی‌متر و حجم ۱۱۷ سانتی‌متر مکعب در مجموعه گلخانه‌های پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با دمای ۳± ۲۵ درجه سانتی‌گراد در اوایل اسفندماه کشت شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه عامل مایکوریزا، غلظت و بستر اجرا شد. تیمارها شامل سه گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices*، *Glomus mosseae* و *Glomus howei*) هرکدام در سه سطح (صفر، ۷ و ۱۴ درصد حجمی) و بستر کاشت با دو سطح توپی و گلدانی (نسبت حجمی ۴/۵: ۴/۵: ۱ کوکوپیت، پرلیت و پوست برنج) با سه تکرار در نظر گرفته شد. تیمار با قارچ مایکوریزا قبل از کشت بذر در سینی‌های کشت (توپی) و قبل از انتقال به گلدان صورت گرفت. آبیاری به صورت روزانه و یکسان برای همه تیمارها انجام شد. در مرحله بعد نشاهای تولید شده به گلدان‌های ۰/۷ لیتری (قطر دهانه ۸ سانتی‌متر و عمق ۷ سانتی‌متر) انتقال داده شد. پس از پایان آزمایش (۱۰ ماه از کشت بذر تا برداشت گیاهان) صفات وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع گیاه، طول ریشه، حجم ریشه و تعداد غنچه مورد بررسی قرار گرفت. حجم ریشه با استفاده از استوانه مدرج ۲۵۰ میلی‌متر (قانون ارشمیدوس) اندازه‌گیری شد. ارتفاع گیاه از بالای منطقه یقه تا آخرین برگ با خط‌کش و برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید (Hesami *et al.*, 2013). برای اندازه‌گیری وزن تراندام هوایی و ریشه پس از جداکردن اندام‌ها وزن تر با ترازو اندازه‌گیری شد سپس نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون و دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک نیز اندازه‌گیری شد. طول ریشه نیز با خط کش برآورد گردید. همچنین میزان کلروفیل کل در پایان آزمایش با استفاده از روش Lichtenthaler (1987) با نمونه‌گیری تصادفی از برگ‌های بالغ و عصاره‌گیری با استون اندازه‌گیری شد، به این ترتیب که مقدار ۰/۲۵ گرم از نمونه برگ تازه در هاون چینی سرد با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شده تا به صورت محلول یکنواختی درآید، سپس نمونه‌ها به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل و به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید، پس از جداسازی فاز مایع از جامد (قسمت مایع از جامد) قسمت مایع برای استخراج کلروفیل استفاده شد. میزان جذب نور محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل *Spectrophotometer PG Instruments T80 UV/VIS* در طول موج‌های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD ($P<۰/۰۵$) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۱) نشان داد بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمار ۱۴ درصد توپی با

۱۴ درصد گلدانی جنس هویی مشاهده شد و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی با میانگین ۷/۹۹ گرم در تیمار ۱۴ درصد توپی با ۱۴ درصد گلدانی گونه موسهآ مشاهده شد که با تیمار شاهد (۸/۳۶ گرم) تفاوت معنی‌داری نداشت. وزن تر ریشه نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و تیمار ۱۴ درصد توپی و گلدانی قارچ هویی با میانگین ۱۵/۴ گرم بیشترین میزان وزن تر ریشه را در بین تیمارها داشت که با شاهد دارای معنی داری در سطح ۵ درصد بود. کمترین میزان وزن تر ریشه در گونه موسهآ با میانگین ۵/۳۳ گرم مشاهده گردید که با عدم وجود قارچ مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱). به‌طورکلی، استفاده از قارچ‌های مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار در وزن تر ریشه و اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد گردید. براساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی و ریشه به ترتیب با میانگین‌های ۳/۱۳ و ۱/۷۲ گرم در تیمار ۱۴ درصد قارچ‌ریشه هویی مشاهده شد، درحالی‌که کمترین وزن خشک اندام هوایی در شاهد (۱/۳۳ گرم) و کمترین وزن خشک ریشه با میانگین ۰/۳۸۷ گرم در تیمار ۱۴ درصد توپی و صفر درصد گلدانی قارچ‌ریشه موسهآ مشاهده شد که با عدم کاربرد مایکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد طول ریشه و حجم ریشه نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. در ارتباط با طول ریشه در قارچ‌ریشه موسهآ (۷ درصد توپی و صفر گلدانی) نسبت به قارچ‌های دیگر (اینترارادیسز و هویی) طول بیشتری مشاهده شد. در تیمار ذکر شده میانگین طول ریشه ۳۸/۷ سانتی‌متر بود که با عدم کاربرد مایکوریزا از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین طول ریشه در تیمار صفر درصد توپی و ۱۴ درصد گلدانی موسهآ با میانگین ۲۶ سانتی‌متر دیده شد که به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. بیشترین میزان حجم ریشه (۱۸/۳ میلی‌لیتر) در تیمار صفر درصد توپی و هفت درصد گلدانی گونه اینترارادیسز مشاهده شد و کمترین میزان حجم ریشه با میانگین ۴/۳۳ میلی‌لیتر در تیمار ۱۴ درصد توپی و گلدانی قارچ‌ریشه موسهآ مشاهده شد. به‌طورکلی در بررسی تأثیر تیمارهای قارچ‌ریشه‌ای در شرایط توپی و گلدانی بر شاخص‌های ذکرشده قارچ‌ریشه هویی نسبت به قارچ‌های اینترارادیسز و موسهآ عملکرد بهتری داشت.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomu mosseae* و *Glomus howei*) بر برخی ویژگی‌های رویشی گل لیزیانتوس

Table 1. Mean comparison effect of different arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*, *Glomu mosseae* and *Glomus howei*) on some vegetative properties of lisianthus.

Treatment	Plug concentration (%)	Pot concentratoin (%)	Shoot fresh weight (g)	Root fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root dry weight (g/plant)	Root length (cm/plant)	Root volume (ml)
Control	0	0	8.36 ^{gh}	6.71 $^{i-n}$	1.33 ^{g}	0.667 $^{d-g}$	34.2 $^{a-e}$	8.33 $^{e-g}$
	0	7	15.1 $^{a-c}$	12.7 $^{a-e}$	2.41 $^{b-d}$	1.21 $^{a-d}$	31.7 $^{a-f}$	18.3 ^{a}
	0	14	15.1 $^{a-c}$	8.46 $^{d-h}$	2.64 $^{a-c}$	0.787 $^{c-g}$	32.0 $^{a-f}$	10.0 $^{c-f}$
	7	0	12.6 $^{b-f}$	12.8 $^{a-e}$	2.01 $^{c-f}$	1.41 ^{ab}	36.3 $^{a-c}$	14.0 $^{a-d}$
G. intraradices	7	7	12.5 $^{c-f}$	9.75 $^{b-h}$	2.24 $^{c-e}$	0.93 $^{b-g}$	28.3 $^{d-f}$	11.0 $^{b-e}$
	7	14	13.0 $^{b-e}$	13.0 $^{a-e}$	2.16 $^{c-f}$	1.13 $^{b-e}$	35.5 $^{a-d}$	13.7 $^{a-d}$
	14	0	11.0 $^{d-n}$	8.63 $^{d-n}$	1.84 $^{d-g}$	0.67 $^{d-g}$	33.3 $^{a-e}$	8.00 $^{e-g}$
	14	7	10.3 $^{d-h}$	10.4 $^{a-h}$	1.92 $^{d-g}$	0.92 $^{b-g}$	37.8 ^{ab}	10.7 $^{b-e}$
	14	14	12.6 $^{b-f}$	10.8 $^{a-g}$	2.41 $^{b-d}$	0.82 $^{c-g}$	31.0 $^{b-f}$	10.7 $^{b-e}$
	0	7	13.3 $^{b-e}$	11.3 $^{a-f}$	2.26 $^{b-e}$	0.94 $^{b-f}$	32.7 $^{a-f}$	11.7 $^{b-e}$
	0	14	14.1 $^{a-d}$	7.30 $^{f-h}$	2.91 ^{ab}	0.63 $^{e-g}$	26.0 ^{f}	7.33 $^{e-g}$
	7	0	10.0 $^{e-n}$	8.92 $^{d-n}$	1.66 $^{e-g}$	0.72 $^{d-g}$	38.7 ^{a}	7.00 $^{e-g}$
G. mosseae	7	7	10.6 $^{d-h}$	8.35 $^{e-h}$	1.84 $^{d-g}$	0.73 $^{d-g}$	28.2 ^{ef}	7.67 $^{e-g}$
	7	14	12.2 $^{c-g}$	7.93 $^{e-h}$	2.33 $^{b-d}$	0.63 $^{e-g}$	34.7 $^{a-e}$	7.33 $^{e-g}$
	14	0	8.68 $^{f-h}$	5.81 ^{gh}	1.64 $^{e-g}$	0.39 ^{g}	29.8 $^{c-f}$	5.00 ^{fg}
	14	7	10.0 $^{e-h}$	9.90 $^{b-h}$	1.93 $^{d-g}$	0.82 $^{c-g}$	28.7 $^{d-f}$	9.33 $^{d-g}$
	14	14	7.99 ^{h}	5.33 ^{h}	1.57 ^{fg}	0.41 ^{fg}	34.2 $^{a-e}$	4.33 ^{g}
	0	7	14.9 $^{a-c}$	13.3 $^{a-e}$	2.72 $^{a-c}$	1.12 $^{b-e}$	34.0 $^{a-e}$	12.0 $^{b-e}$
	0	14	15.0 $^{a-c}$	9.70 $^{b-h}$	2.60 $^{a-c}$	0.79 $^{c-g}$	33.0 $^{a-f}$	10.7 $^{b-e}$
	7	0	14.9 $^{a-c}$	14.6 $^{a-c}$	2.36 $^{b-d}$	1.29 $^{a-c}$	34.7 $^{a-e}$	15.0 $^{a-c}$
G. howei	7	7	14.9 $^{a-c}$	13.8 $^{a-d}$	2.37 $^{b-d}$	0.94 $^{b-f}$	35.2 $^{a-e}$	13.7 $^{a-d}$
	7	14	12.6 $^{b-f}$	9.34 $^{c-n}$	1.92 $^{d-g}$	0.89 $^{b-g}$	31.5 $^{a-f}$	9.64 $^{d-f}$
	14	0	11.7 $^{c-n}$	14.4 $^{a-c}$	1.84 $^{d-g}$	1.1b $^{b-e}$	33.3 $^{a-e}$	4.33 $^{a-d}$
	14	7	16.5 ^{ab}	15.4 ^{a}	2.63 $^{a-c}$	1.31 $^{a-c}$	32.7 $^{a-f}$	15.3 ^{ab}
	14	14	17.6 ^{a}	15.0 ^{ab}	3.13 ^{a}	1.72 ^{a}	31.3 $^{b-f}$	15.7 ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means in each column followed by at least one letter in common are not significantly difference at the 5% probability

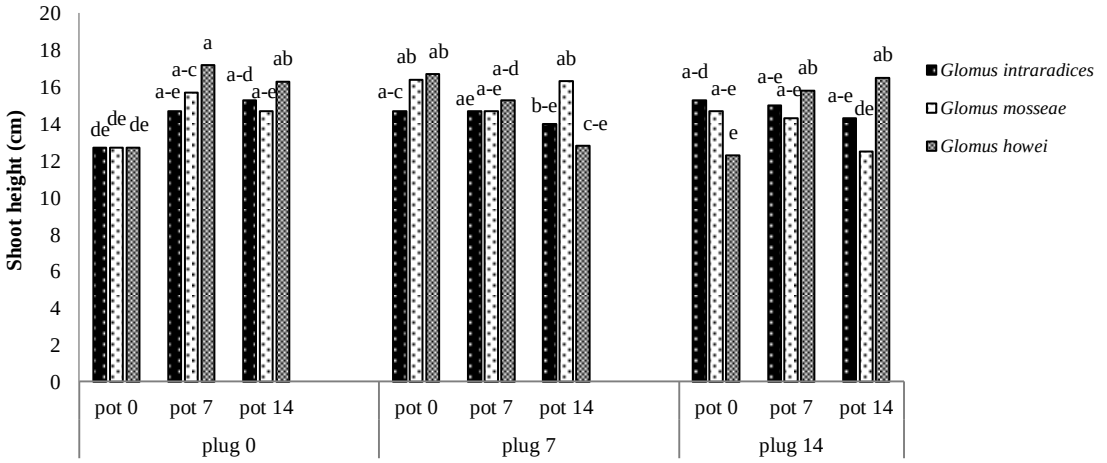
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده ارتفاع اندام هوایی تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت و با استفاده از قارچ‌ریشه‌ها ارتفاع اندام هوایی نسبت به عدم استفاده از قارچ‌ریشه افزایش یافت. در بین تیمارهای استفاده‌شده از نظر ارتفاع تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد و بیشترین میزان ارتفاع اندام هوایی در غلظت صفر توپی و ۷ درصد گلدانی قارچ هویی با میانگین ۱۷/۲ سانتی‌متر مشاهده شد که با شاهد دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بود. استفاده از تیمارهای قارچ‌ریشه‌ای اینترارادیسز و موسه‌آ نیز باعث افزایش ارتفاع اندام هوایی لیزیانتوس نسبت به شاهد گردید (شکل ۱).

تعداد غنچه تحت تأثیر تیمارهای قارچ ریشه در غلظت‌های مختلف توپی و گلدانی قرار گرفت. استفاده از قارچ گلوموس موسه‌آ باعث کاهش شمار غنچه‌ها نسبت به شاهد گردید همچنین تعداد غنچه در این تیمار با تیمار قارچ اینترارادیس و هویی دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بود. کمترین میانگین تعداد غنچه (۳ عدد) در تیمار ۷ و صفر درصد قارچ موسه‌آ مشاهده شد. تیمار قارچ‌ریشه اینترارادیسز و هویی باعث افزایش تعداد غنچه نسبت به شاهد شدند، به‌طوری‌که بیشترین تعداد غنچه با میانگین ۱۳ عدد در قارچ‌ریشه هویی و میانگین ۱۲/۳۳ عدد در قارچ‌ریشه اینترارادیسز مشاهده گردید (شکل ۲).

نتایج بسیاری از مطالعات و گزارش‌ها تأثیر مثبت قارچ‌های مایکوریزا بر روند رشد و عملکرد گیاهان را اثبات می‌کند (Asrar *et al*., 2014). در پژوهش‌های بسیاری ثابت شده است که قارچ‌های مایکوریزا بر رشد رویشی بسیاری از گیاهان که با آن‌ها ارتباط همزیستی بر قرار نموده‌اند، تأثیر داشته و باعث افزایش رشد آن‌ها شده‌اند (James *et al*., 2008; Khandanmirkohi *et al*., 2015). در آزمایشی که تأثیر قارچ مایکوریزا بر عملکرد پریوش بررسی شد به این نتیجه رسیدند گیاهان در حضور قارچ گلوموس فاسیکولاتوم افزایش رشد (طول ساقه، طول ریشه، تعداد برگ، وزن تر و وزن خشک) نشان می‌دهند. در پژوهش حاضر نیز که تأثیر مایکوریزا روی لیزیانتوس بررسی شد، پارامترهای رویشی گیاهان مورد آزمایش (ارتفاع ساقه، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ...) نسبت به شاهد (بدون مایکوریزا) افزایش یافت. در ارتباط با تأثیر مایکوریزا بر رشد رویشی گیاهان، مکانیسم‌های مختلفی بیان شده است. یکی از مهمترین این مکانیسم‌ها تأثیر مایکوریزا بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم از خاک می‌باشد. ریشه‌ی گیاهان قادر است مواد غذایی اطراف ریزوسفر را جذب کند، زمانی که این مواد غذایی جذب شد، گیاه دچار مشکل در دسترسی شده و جذب کاهش می‌یابد. قارچ‌های مایکوریزا قادر هستند با استفاده از گسترش ریشه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان و افزایش سطح جذب ریشه، فاصله بین مواد غذایی و ریشه را کاهش دهند (James *et al*., 2008). Kijkar (1991) تولید ماده‌ی خشک بالا در گیاهان مایکوریزی را تنها در نتیجه جذب فسفر بیان می‌دارد، ایشان همچنین اظهار داشت که افزایش در جذب آب توسط مایکوریزا نیز ممکن است بر رشد رویشی تأثیرگذار باشد. در آزمایشی که تأثیر قارچ‌های مایکوریزا آربسکولار بر ویژگی‌های کمی و کیفی رشد ریشه، شاخه و گل لیزیانتوس، بررسی شد، محققان به این نتیجه رسیدند گیاهان تلقیح شده، رشد و تولید بیوماس بیشتری در مقایسه با گیاهان شاهد داشتند. تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا آربسکولار به‌طور قابل‌توجه و معنی‌داری تعداد روز لازم تا گلدهی را کاهش و ویژگی‌های ساقه گل‌دهنده شامل طول و تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد و قطر گل و وزن تر کل گل در بوته را افزایش داد (Khandanmirkohi *et al*., 2015).

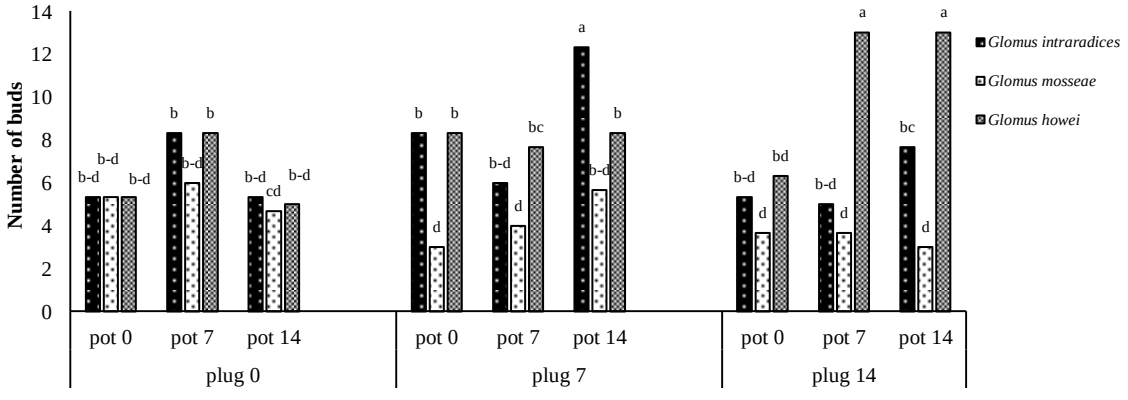
نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۳) نشان داد که محتوای کلروفیل کل در اثر استفاده از تیمارهای قارچ‌ریشه‌ای اینترارادیسز، موسه‌آ و هویی افزایش یافت. هنگامی‌که غلظت قارچ‌ریشه‌ها در توپی صفر بود (عدم استفاده از قارچ‌ریشه در مرحله نشایی)، تیمار گلدانی ۷ درصد آن (پس از انتقال) تأثیر معنی‌داری از نظر آماری بر محتوای کلرفیل کل نداشت. استفاده از قارچ‌ریشه‌ها در توپی با غلظت ۷ درصد و ۱۴ درصد به‌طور محسوسی باعث افزایش غلظت کلرفیل کل گردید که با شرایط عدم استفاده از قارچ‌ریشه دارای تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ بود. بیشترین میزان کلرفیل کل در تیمار قارچ‌ریشه هویی و قارچ‌ریشه اینترارادیسز (غلظت توپی و گلدانی ۱۴ درصد) مشاهده شد که به ترتیب باعث

افزایش ۶۶ و ۶۴ درصدی محتوای کلروفیل کل نسبت به شاهد گردید (شکل ۳). فتوسنتز یکی از مهم‌ترین مسیرهای بیوشیمیایی است که توسط آن گیاه مواد غذایی خود را می‌سازد و رشد می‌کند. محتوای کلروفیل در گیاه به‌طور مستقیم با سلامت گیاه در ارتباط می‌باشد. طبق نتایج پژوهشگران افزایش میزان کلروفیل در تیمار مایکوریزا می‌تواند به این دلیل باشد که مایکوریزا با افزایش جذب عناصری مانند منیزیم و نیتروژن باعث افزایش سنتز کلروفیل در گیاه می‌گردد (Kaya *et al.*, 2009). براساس نتایج، به‌طورکلی استفاده از تیمارهای قارچ‌ریشه از نظر آماری تأثیر زیادی بر میزان فسفر نداشت. این مقدار تنها زمانی افزایش یافت که از قارچ اینترارادیسز در توپی کاشت (هنگام کاشت) با غلظت ۱۴ درصد استفاده شده و این میزان افزایش (۰/۷۷ درصد) باعث ایجاد تفاوت معنی‌دار از نظر آماری با شاهد و حتی سایر تیمارها گردید (شکل ۴).



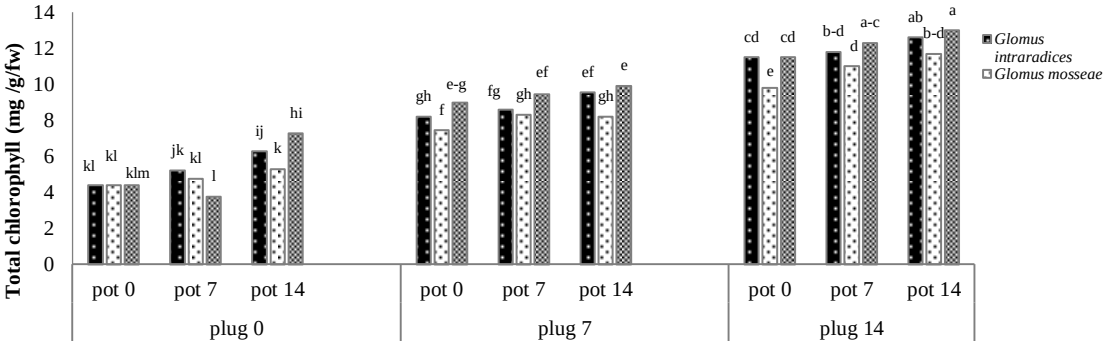
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomu mosseae* و *Glomus howei*) بر ارتفاع اندام هوایی گل لیزیانتوس

Figure 1. Mean comparison effect of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*, *Glomu mosseae* and *Glomus howei*) on the aerial height of lisianthus



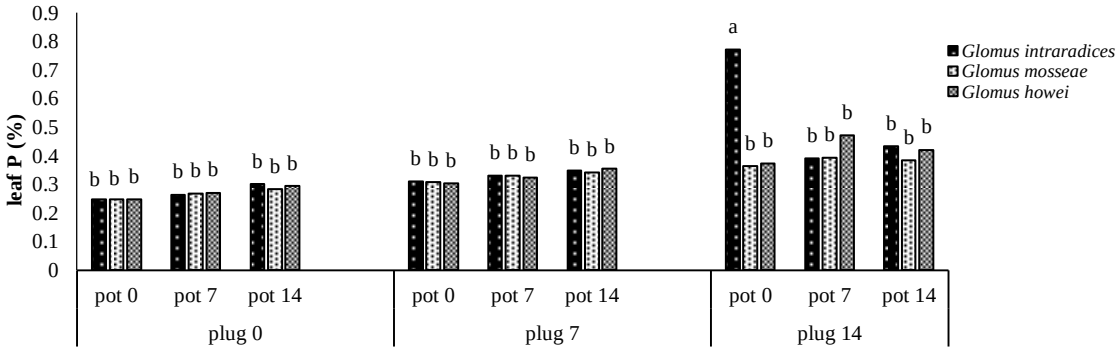
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomu mosseae* و *Glomus howei*) بر تعداد غنچه گل لیزیانتوس

Figure 2. Mean comparison effect of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*, *Glomu mosseae* and *Glomus howei*) on the number of buds of lisianthus



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomu mosseae* و *Glomus howei*) بر محتوای کلروفیل کل گل لیزیانتوس

Figure 3. Mean comparison effect of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*, *Glomu mosseae* and *Glomus howei*) on the chlorophyll content of lisianthus

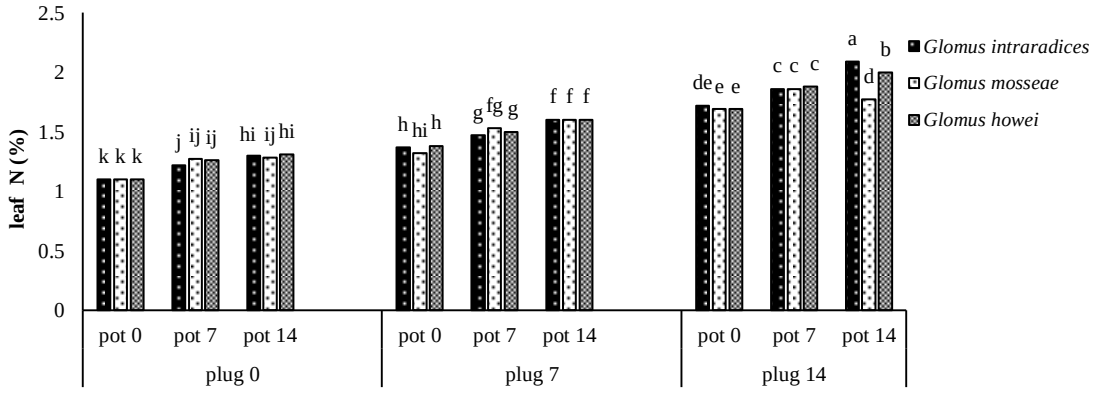


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomu mosseae* و *Glomus howei*) بر محتوای فسفر برگ گل لیزیانتوس

Figure 4. Mean comparison effect of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices*, *Glomu mosseae* and *Glomus howei*) on the P content of the lisianthus

استفاده از تیمارهای قارچ‌ریشه‌ای باعث تأثیر بر محتوای نیتروژن برگ گردید، به‌طوری‌که با افزایش درصد استفاده از قارچ‌ریشه در توپی و گلدان محتوای نیتروژن نیز افزایش یافت. کمترین میزان نیتروژن برگ با میانگین ۱/۱ درصد در شاهد (عدم استفاده از مایکوریزا) مشاهده شد. در غلظت‌های صفر و ۷ درصد توپی تفاوت معنی‌داری بین قارچ‌ریشه‌های استفاده‌شده در غلظت‌های مختلف گلدانی مشاهده نشد و تنها تفاوت بین قارچ‌ریشه‌ها مربوط به تیمار ۱۴ درصد توپی و گلدانی بود. در این حالت (دریافت ۱۴ درصد در هر دو مرحله)، میانگین نیتروژن برگ برای اینترارادیسز، موسهآ و هویی به‌ترتیب ۲/۹، ۱/۷۷ و ۲ درصد بود (شکل ۵).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان عناصر گیاه لیزیانتوس پس از تیمار با قارچ مایکوریزا نشان داد، میزان عناصر در گیاهان تحت تأثیر تیمار با مایکوریزا قرار گرفت. ثابت شده است قارچ‌های مایکوریزا جذب بسیاری از عناصر را افزایش می‌دهند (Li *et al*., 2008; Huang *et al*., 2013; Abdul-Wasea *et al*., 2014; Bucking & Kafle, 2015). مایکوریزا قادر به رشد در منافذی از خاک بوده که ریشه‌های مویین و تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غیر متحرک مانند فسفر افزایش می‌یابد (Grant *et al*., 2002). بنابراین شبکه هیف قارچ‌های مایکوریزی قادرند راحت تر از ریشه گیاهان در خاک‌های متراکم نفوذ و باعث افزایش سیستم ریشه گیاهان می‌گردند (Miransari-mahabadi, 2001).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*، *Glomu mosseae* و *Glomus howei*) بر محتوای نیتروژن برگ گل لیزیانتوس

Figure 5. Mean comparison effects of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus intraradices, Glomu mosseae* and *Glomus howei*) on the N content of lisianthus

Barea (1991) اظهار داشت ریسه‌های قارچی گسترش ریشه را برای جستجوی عناصر کم تحرک افزایش می‌دهند. مایکوریزا همچنین قادر است که موادمعدنی قابل‌حل در خاک را از طریق آزادکردن اسیدها (Leyval & Berthelin, 1989) و یا با اسیدی‌کردن محیط ریزوسفر از طریق افزایش میزان CO_2 در اثر تنفس سلول‌های ریشه که ممکن است با آب تولید اسید کربونیک کند (Nye & Tinker, 1978)، به مقدار کم حل کند و در دسترس گیاه میزبان قرار دهد. به علاوه، ریسه‌های مایکوریزا می‌توانند دسترسی به منابع غذایی غیرمحلول را از طریق فعالیت آنزیمی یا بعضی تغییرات فیزیکی و شیمیایی ریزوسفر مانند تغییر فیزیولوژی ریشه و ترشحات آن بر محیط ریزوسفر و یا ارتباط با ارگانیسم‌های دیگر خاک، فراهم کنند (Hetrick, 1989). قارچ‌های میکوریزا می‌توانند بهره‌گیری گیاه از شکل های مختلف نیتروژن را افزایش دهند (Hodge *et al*., 2001) و نیتروژن را مستقیماً جذب کنند و به ریشه گیاه انتقال دهند (He *et al*., 2003).

در این آزمایش تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا مشاهده شد. از جمله دلایل این موضوع این گونه بیان شده است که گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا آربسکولار از نظر تأثیر بر جذب مواد غذایی و رشد گیاه میزبان متفاوت هستند. تأثیر متفاوت بر رشد و عملکرد می‌تواند ناشی از توانایی متفاوت گونه‌های قارچ‌های مایکوریزا در ایجاد همزیستی باشد. این که آیا یک گیاه از ارتباط با قارچ‌های مایکوریزا سود می‌برد معادله پیچیده‌ای است که به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد. طیف گسترده‌ای از پاسخ مایکوریزی در میان گیاهان وجود دارد (Siqueira & Saggin-Junior, 2001; Yaseen *et al*., 2016).

نتیجه گیری کلی

به‌طورکلی تلقیح گیاه لیزیانتوس با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار منجر به بهبود شاخص‌های رویشی (وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، طول و حجم ریشه، ارتفاع و تعداد غنچه) در این گیاهان شد. همچنین تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا غلظت عناصر غذایی مورد بررسی در این آزمایش را تحت تأثیر قرار داد. مایکوریزا توانست غلظت فسفر و نیتروژن را در برگ گیاهان لیزیانتوس گلدانی افزایش دهد که این افزایش در نیتروژن مشهودتر بود. بنابراین، تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی وضعیت تغذیه‌ای گیاهان لیزیانتوس را بهبود بخشد و به دنبال آن باعث بهبود شاخص‌های رویشی و زینتی این گیاهان شود. به‌طورکلی در بررسی تأثیر تیمارهای قارچ آربوسکولار مایکوریزا در شرایط توپی و گلدانی بر شاخص‌های ذکر شده، گونه *hoei* نسبت به گونه‌های *intraradices* و *moesae* عملکرد بهتری داشت و غلظت حجمی ۱۴ درصد در توپی در زمان کاشت بذر و ۱۴ درصد گلدانی نسبت به سایر سطوح نتایج بهتری را نشان داد.

REFERENCES

1. Abdul-Wasea, A., Abdel-Fattah, G., Elhindi, K. H. & Abdel-Salam, E. (2014). The impact of arbuscular mychorrhizal fungi in improving growth, flower yield and tolerance of kalanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana* Polin) plants grown in NaCl-stress conditions. *Journal of Biotechnology & Biomaterials*, 3, 5-11.
2. Anderson, N. O. (2007). *Flower breeding and genetics, challenges and opportunities for the 21st Century*, Springer.
3. Asrar, A. A., Abdel-Fattah, G. M., Elhindi, K. & Abdel-Salam, E. M. (2014). The impact of arbuscular mychorrhizal fungi in improving growth, flower yield and tolerance of kalanchoe (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelin) plants grown in NaCl-stress. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 12, 105-112.
4. Barea, J. M. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. *Advances in Soil Science*, Springer.
5. Barrow, N. J., Malajczuk, N. & Shaw, T. C. (1977). A direct test of the ability of vesicular-arbuscular mycorrhiza to help plants take up fixed soil phosphate. *New Phytologist, 78* (2), 269-276.
6. Bucking, H. & Kafle, A. (2015). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in the nitrogen uptake of plants: current knowledge and research gaps. *Agronomy*, 5(4), 587-612.
7. Douds, J. D. D., Nagahashi, G., Pfeffer, P. E., Kayser, W. M. & Reider, C. (2005). On-farm production and utilization of arbuscular mycorrhizal fungus inoculum. *Canadian Journal of Plant Science, 85*(1), 15-21.
8. Ehsani, M., Norinia, A., Bakhshi, G. & Ehsani, G. (2013). Effect of different levels of salinity and coexistence with arbuscular mycorrhizal fungus on yield and some morphological traits of sorghum. *Quarterly Journal of Plant Sciences*, 8, 1-9. (In Farsi).
9. Gasemi-ghehsare, M. & Kafi, M. (2008). *Scientific and Practical Floriculture*. First volume. Third edition. Author's publication. Isfahan University of Technology, 420 pages. (in Farsi)
10. Ghasemi-ghehsare, M. & Mohammadi, R. (2008). *Principles of breeding and seed production in ornamental plants*. (First Edition). Elm-Arifin Publishing. (in Farsi)
11. Grant, C. A., Petersond, G. A. & Capbell, C. A. (2002). Nutrient consideration for diversified cropping systems in the northern great plains. *Agronomy Journal*, 94,186-198.
12. Halevy, A. H. & Kofranek, A. M. (1984). Evaluation of lisianthus as a new flower crop. *HortScience*, 19, 845-847.
13. Hesami, M., Emami, S. & Yaghmaii, L. (2013). Effect of sowing depth and seed cover on seedling establishment of *Quercus brantii* Lindl. *Journal of Forest and Poplar Research*, 21, 573-580. (In Farsi)
14. He, X. H., Critchley, C. & Bledsoe, C. (2003). Nitrogen transfer within and between plants through common mycorrhizal networks (CMNs). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(6), 531-567.
15. Hetrick, B. A. D. (1989). *Acquisition of phosphorus by mycorrhizal fungi and the growth responses of their host plants*. Cambridge University Press.
16. Hodge, A., Campbell, C. D. & Fitter, A. H. (2001). An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature*, 413(6853), 297-299.
17. Huang, J. C., Lai, W. A., Singh, S., Hameed, A. & Young, C. C. (2013). Response of mycorrhizal hybrid tomato cultivars under saline stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (2), 469-484.
18. James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E. & Tariq, H. (2008). Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of *Senna spectabilis*. *Pakistan Journal of Botany*, 40(5), 2217-2224.
19. Khandanmirkohi, A., Shaikhasadi, M., Taheri, M. & Babalar, M. (2015). Effect of mycorrhiza arbuscular fungi and different levels of phosphorus on some aspects of lizanthus growth. *Science and Technology of Greenhouse Cultivation*, 6, 57-67. (in Farsi)
20. Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A. L. & Cullu, M. A. (2009). The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae*, 12, 11-6.
21. Kijkar, S. (1991). *Handbook*: *Producing rooted cuttings of Eucalyptus camaldulensis*. AASEAN-Canada Forest Tree Seed Center Project.
22. Li, H., Smith, F. A., Dickson, S., Holloway, R. E. & Smith, S. E. (2008). Plant growth depressions in arbuscular mycorrhizal symbioses: not just caused by carbon drain. *New Phytologist*, 178(4), 852-862.
23. Leyval, C. & Berthelin, J. (1989). Interactions between *Laccaria laccata*, *Agrobacterium radiobacter* and beech roots: Influence on P, K, Mg, and Fe mobilization from minerals and plant growth. *Plant and Soil*, 117(1), 103-110.
24. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods of Enzymology*, 148, 350-380.

25. Miransari-mahabadi, M.R., Bahrami, H., Rejaly, F. & Malakoty, M. G. (2001). Effect of arbuscular mucus arsenic on nutrient uptake and corn yield under stress conditions of soil compaction. *Journal of Soil & Water Sciences*, 20 (1). (in Farsi)
26. Nye, P. H. & Tinker, P. B. (1978). *Solute movements in the root-soil system*. Blackwell, Oxford.
27. Quilambo, O. A. (2003). The vesicular–arbuscular mycorrhizal symbiosis. *African Journal of Biotechnology*, 12, 539-543.
28. Raviv, M. (2010). The use of mycorrhiza in organically-grown crops under semiarid conditions: a review of benefits, constraints and future challenges. *Symbiosis*, 52(2-3), 65-74.
29. Siqueira, J.O. & Saggin-Júnior, O.J. (2001). Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. *Mycorrhiza*, 11(5), 245-255.
30. Smith, S. & Read, D.J. (1997). Mycorrhizal symbiosis. *Biologia Plantarum*, 40, 154-154.
31. Thomas, M. S. (2019). *Encyclopedia of microbiology* (4th ed.). Academic Press.
32. Yaseen, T., Naseer, A. & Shakeel, M. (2016). Investigating the association of arbuscular mycorrhizal fungi with selected ornamental plants collected from district Charsadda, KPK, Pakistan. *Science, Technology & Development*, 35(3), 141-147.
33. Zarei, M., Tadayyon, M. R. & Tadayyon, A. (2014). Effect of biofertilizer, under salinity condition on the yield and oil content of three ecotype of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of Crop Improvment*, 16(3), 517-529. (in Farsi)