

## افزایش کیفیت ریشه و بهبود جذب برخی عناصر با کاربرد قارچ میکوریزی همزیست (*Glomus mosseae*) در قلمه گل حنای گینه نو (*Impatiens hawkeri*)

لیلا محمدی و سعید ریزی\*

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۳/۲۵)

### چکیده:

برای ارزیابی ریشه‌زایی قلمه گل حنای گینه نو (*Impatiens hawkeri*) با استفاده از قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*) و اثر آن بر میزان جذب برخی عناصر غذایی، آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در محیط گلخانه با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای اعمال شده شامل چهار سطح قارچ میکوریزای همزیست صفر، ۱۱، ۲۲ درصد (پودری) و ۲۰ درصد (مایع) حجمی بود. قلمه‌های گرفته شده از گیاه مادری بذری (Divine Scarlet Red, F1) در گلدان‌های با بستر مایه‌کوبی شده با قارچ شامل ۵۰ درصد پیت ماس، ۴۰ درصد پرلیت و ۱۰ درصد پوسته برنج (حجم به حجم) کشت شدند. یک ماه پس از کاشت قلمه‌ها، درصد ریشه‌زایی، طول، تعداد و حجم ریشه و وزن تر و خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به جز در صفت درصد ریشه‌زایی، در سایر صفات، بین قلمه‌های تلقیح شده و شاهد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. بیشترین طول و حجم ریشه (۳۲ سانتی‌متر و ۳۴/۶۶ میلی‌متر مکعب) و وزن تر و خشک ریشه (۲۶/۴۹ و ۰/۷۳۰ گرم) مربوط به تیمار ۲۲ درصد قارچ میکوریزا بود. پنج ماه پس از کاشت، گروه دیگری از قلمه‌ها به منظور اندازه‌گیری محتوای عناصر مورد بررسی قرار گرفتند. در این مرحله، بیشترین غلظت نیتروژن برگ (۲/۶ درصد)، فسفر (۰/۴۱۹ درصد)، پتاسیم (۲/۶۶ درصد)، روی (۷۳/۵۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) و مس (۱۸/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در تیمار مایکوریزای ۲۲ درصد مشاهده شد. در این آزمایش کاربرد مایکوریزا در بستر ریشه‌زایی (پودری) نسبت به کاربرد مایع نتایج بهتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، طول ریشه، فسفر، مس، وزن تر ریشه

### مقدمه:

روش مناسبتری جهت ازدیاد آن باشد. قلمه زدن یکی از روش‌های متداول تکثیر رویشی است که امروزه به دلیل کم هزینه بودن بطور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Harrison-Murry and Howard, 2000). افزودن قارچ میکوریزا به محیط ریشه‌زایی قلمه‌ها می‌تواند باعث افزایش ریشه‌زایی در گیاهان مختلف شود (et al., 2009 Díaz-Granados; Linderman and Call, 1977)

گل حنای گینه نو (*Impatiens hawkeri*) از جمله مهمترین گیاهان گلدار گلدانی و فصلی محسوب می‌شود. بوته‌ای چندساله است که به عنوان یکساله پرورش داده می‌شود که از طریق جنسی و غیر جنسی قابل تکثیر است (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۸۴) اما با توجه به پایین بودن درصد جوانه‌زنی بذر این گیاه (Mc Donald and Kwong, 2005) قلمه زنی می‌تواند

\*نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: Sreezi57@yahoo.com

غذایی شود (Corkidi *et al.*, 2011). هیف های توسعه یافته قارچ های میکوریزا قادر به رشد در منافذ خاک بوده که ریشه های موئین و تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند در نتیجه دسترسی گیاه به عناصر غیر متحرک مثل فسفر افزایش می یابد (Grant, *et al.*, 2002). هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر مقادیر مختلف قارچ میکوریزا در بستر کشت بر ریشه زایی قلمه گل حنای گینه نو و همچنین تأثیر این قارچ بر میزان جذب برخی عناصر غذایی است.

### مواد و روش ها:

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ در مجموعه گلخانه های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار روی گل حنای گینه نو (*Impatiens hawkeri*) انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل شش گلدان بود. تیمارها شامل غلظت های مختلف قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*) در چهار سطح صفر، ۱۱ و ۲۲ درصد به ازای هر گلدان (پودری) و میکوریزای مایع با غلظت ۲۰ درصد بود. قلمه های ریشه دار نشده گل حنای گینه نو از گیاه بذری (F1) رقم دیواین اسکارلت قرمز (Divine scarlet Red) در گلدان های با حجم ۰/۷ لیتر و در بستری شامل ۵۰ درصد پیت ماس، ۴۰ درصد پرلیت و ۱۰ درصد پوسته برنج به صورت حجمی کشت شدند که در این مرحله قارچ میکوریزا با بستر ترکیب شد و سپس قلمه ها کشت شدند. برای تهیه میکوریزای ۲۰ درصد مایع، ۲۰ میلی متر مکعب از قارچ میکوریزا در استوانه مدرج ریخته شد و سپس ۲۰ میلی متر مکعب آب به آن اضافه شد تا به حالت عصاره اشباع درآمد سپس قلمه ها در عصاره فرو برده و در گلدان کشت شدند. مقادیر قارچ میکوریزا بسته به حجم گلدان در نظر گرفته شد که تعداد اسپور در هر یک درصد حجمی ۶۰۰ عدد بود. آبیاری به صورت یک روز در میان و به مقدار مساوی انجام شد. دمای محیط گلخانه بین ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی بین ۷۰ تا ۷۵ درصد متغیر بود. یک ماه پس از کاشت، قلمه ها مورد بررسی قرار گرفتند.

(Scagel, 2000, 2001; Scagel *et al.*, 2003). میکوریزا یک رابطه طبیعی همزیستی بین ریشه گیاه و قارچ است که باعث افزایش رشد گیاه، کاهش نیاز غذایی گیاه، افزایش بقا و نمو گیاهان، افزایش یکنواختی محصولات، بهبود مقاومت به تنش های زیستی و غیر زیستی و ریشه زایی قلمه ها می شود (Garmendia *et al.*, 2004). درجه پاسخ ریشه زایی قلمه ها به قارچ میکوریزا به رقم گیاه و ایزوله کردن قارچ بستگی دارد (Scagel, 2000). در گزارشی محققان بیان داشتند که افزودن قارچ میکوریزا به محیط ریشه باعث افزایش آغازش و رشد ریشه در قلمه های رز مینیاتور می شود (Scagel, 2001). طی تحقیقی افزودن میکوریزا بر درصد ریشه زایی و تعداد ریشه در گیاه برگ زینتی شفلرا تأثیر معنی داری داشت (بیدرنامی و محکمی، ۱۳۹۳). افزایش ریشه زایی و رشد ریشه (Thanuja *et al.*, 2002) و افزایش طول ریشه (Mala *et al.*, 2010) در قلمه های تلقیح شده فلفل سیاه با میکوریزا گزارش شد. محققان افزایش طول ریشه را به تأثیر قارچ های میکوریزا در تولید هورمون های اکسین و تغییر در سطح هورمون ها طی تشکیل و نمو ریشه نسبت دادند (Nemi *et al.*, 2004). سطوح فیتوهورمون های گیاهی می تواند تحت تأثیر کلونی سازی قارچ میکوریزا قرار گیرد (Shaul-Keinan *et al.*, 2002).

رابطه همزیستی ریشه و قارچ میکوریزا باعث افزایش جذب عناصر کم تحرک (Ortas *et al.*, 2001) بویژه فسفر و همچنین عناصر کم مصرف مثل روی و مس می شود و با تأثیر در جذب آب، تحریک و تولید مواد تنظیم کننده رشد، افزایش فتوسنتز، بهبود تنظیم اسمزی تحت تنش شوری و خشکی و افزایش مقاومت به آفات و بیماری های خاکزی مفید واقع می شود (Al-karaki, 2006). وجود شبکه گسترده هیف های قارچ سبب فعالیت و دفع برخی آنزیم ها شده که جذب عناصر غذایی را برای گیاه میزبان افزایش می دهند (Smith *et al.*, 2001). تلقیح گیاهان با میکوریزا بوسیله جذب عناصر غذایی می تواند آبشویی عناصر نیتروژن و فسفر را کاهش داده در نتیجه باعث افزایش کارایی مصرف عناصر

مکعب) در تیمار میکوریزای ۲۲ و ۲۰ درصد بود و کمترین حجم ریشه (۱/۶۶ میلی‌متر مکعب) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲).

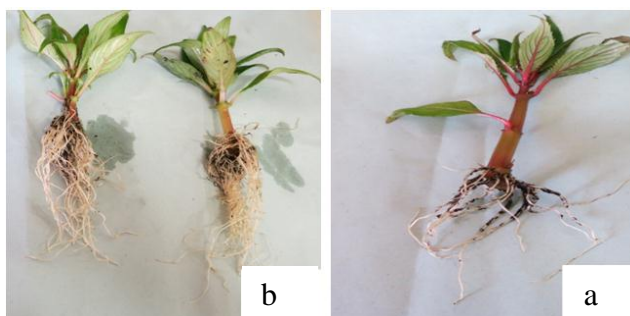
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده اختلاف بین وزن تر و خشک ریشه در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا و گیاهان غیر میکوریزایی است. به طوری که بیشترین وزن تر و خشک ریشه (۳/۰۶ و ۰/۱۳۹ گرم) مربوط به تیمار میکوریزای ۲۰ درصد مایع بود و کمترین این مقادیر در تیمار بدون تلقیح (۱/۳۱ و ۰/۰۴۸ گرم) مشاهده شد (جدول ۲). با کاربرد میکوریزای ۲۲ درصد، بیشترین تعداد ریشه (۵۴/۶ عدد) و کمترین تعداد (۱۶/۶ عدد) در تیمار بدون تلقیح حاصل شد (جدول ۲).

قارچ میکوریزا توانایی تغییر مرفولوژی سیستم ریشه در استقرار دانه‌ها به نحو مطلوب را داراست (Citernesi *et al.*, 1998). تلقیح گیاه به وسیله میکوریزا باعث ایجاد اکثر تغییرات فیزیولوژیکی از قبیل افزایش طول ریشه‌های جانبی، افزایش شاخه‌دهی و ریشه‌دهی مناسب می‌شود (Stavros *et al.*, 2012). به نظر می‌رسد قارچ میکوریزا با رها ساختن متابولیت‌های قارچی، باعث تغییرات متابولیکی شده و سپس باعث افزایش ریشه‌زایی قلمه‌های میکوریزایی می‌شود (Larose *et al.*, 2002) رهاسازی این متابولیت‌ها پروسه‌ای شبیه تراواشات ریشه است که باعث تحریک فعالیت اسپور و یا هیف‌های قارچ می‌شود (Tamasloukht *et al.*, 2003). میکوریزا با تولید هورمون‌های رشد (Scagel and Linderman, 1998) و ترکیبات پلی فنولیکی که اکسیداسیون اکسین را کاهش می‌دهند باعث افزایش درصد ریشه‌زایی می‌شود (Mitchell *et al.*, 1986). تغییرات متابولیسمی بسیاری در حین تشکیل ریشه نابجا رخ می‌دهد که شامل تغییر در مقدار کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌هاست (Hassig, 1986). در قلمه‌های رز مینیاتور تلقیح شده با قارچ میکوریزا افزایش غلظت پروتئین و اسیدهای آمینه گزارش شده است (Scagel, 2004a). قارچ میکوریزا در محیط با پایه پیت افزایش معنی داری در بقاء، نمو کالوس‌ها و درصد ریشه‌زایی قلمه‌های کاج چتری *Sciadopitys verticillata* در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده داشت (Douds *et al.*, 1995). در

طول ریشه با استفاده از خط‌کش فلزی بر حسب سانتی‌متر و حجم ریشه با استفاده از استوانه مدرج و بر حسب تغییر حجم آب و بر حسب میلی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. پنج ماه پس از کاشت، قلمه‌ها مجدداً به منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر برگ مورد بررسی قرار گرفتند. در پایان دوره رشد، ریشه‌ها نیز همراه با محیط کشت از گلدان خارج شده و پس از شستشو به آزمایشگاه انتقال داده شدند و وزن تر ریشه با استفاده از ترازوی دیجیتال بر حسب گرم تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک ریشه، نمونه‌ها در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. مقادیر عناصر نیتروژن به روش کجلدال (دستگاه Gerhardt ساخت کشور آلمان)، فسفر به روش اسپکتروفتومتری با طول موج ۴۲۰ نانومتر (دستگاه Pharmacia LKB ساخت کشور انگلستان)، پتاسیم به روش فلیم فتومتری (دستگاه Jenway PFP7 ساخت کشور انگلستان) و مس و روی (دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer 400AA) اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، داده‌های به دست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS (نسخه ۹) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز از طریق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث:

یک ماه پس از کاشت قلمه‌ها، ریشه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۱). نتایج نشان داد که در کلیه تیمارها درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها صد درصد بود. همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار تیمار قارچ میکوریزا بر صفات طول، حجم، تعداد، وزن تر و خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد می‌باشد (جدول ۱). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) بیانگر بهبود ریشه‌زایی قلمه‌های تلقیح شده گل حنای گینه نو با کاربرد میکوریزا بود به طوری که بیشترین طول ریشه (۱۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار میکوریزای ۱۱ درصد و کمترین طول ریشه (۸/۳۳ سانتی‌متر) در تیمار شاهد حاصل شد. همچنین با افزایش در مقدار میکوریزا حجم ریشه نیز افزایش یافت به نحوی که بیشترین حجم ریشه (۴ میلی‌متر



شکل ۱- (a) تیمار شاهد و (b) سمت راست: تیمار مایکوریزای ۲۲ درصد، سمت چپ: تیمار مایکوریزای مایع ۲۰ درصد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه نو با کاربرد قارچ میکوریزا

میانگین مربعات صفات						
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	تعداد ریشه
میکوریزا	۳	۱۲/۷۵**	۴/۲۲**	۲/۰۹**	۰/۰۰۴**	۷۹۰/۰۸**
خطا	۸	۰/۵۶	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۰۰۰۴	۱۷/۰۸
ضریب تغییرات		۶/۶۶	۱۳/۶۰	۱۴/۸۹	۲۰/۵۲	۱۰/۴۴

\* معنی داری در سطح ۵٪، \*\* معنی داری در سطح ۱٪ و ns عدم معنی داری

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه نو با کاربرد قارچ میکوریزا

میانگین مربعات صفات					
حجم میکوریزا (%)	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cc)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	تعداد ریشه
صفر	۸/۳۳ <sup>c</sup>	۱/۶۶ <sup>b</sup>	۱/۳۱ <sup>b</sup>	۰/۰۴۸ <sup>b</sup>	۱۶/۶ <sup>c</sup>
۱۱	۱۳/۰ <sup>a</sup>	۲/۳۳ <sup>b</sup>	۲/۸۱ <sup>a</sup>	۰/۱۰۴ <sup>a</sup>	۴۱/۶ <sup>b</sup>
۲۲	۱۲/۳ <sup>ab</sup>	۴/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۱۱۹ <sup>a</sup>	۵۴/۶ <sup>a</sup>
۲۰	۱۱/۳ <sup>b</sup>	۴/۰۰ <sup>a</sup>	۳/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۱۳۹ <sup>a</sup>	۴۵/۳ <sup>b</sup>

میانگین‌ها با حروف مشترک، فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

بیانگر تأثیر تیمار میکوریزا در جذب عناصر فسفر، پتاسیم و مس در سطح احتمال پنج درصد بود ولی تلقیح میکوریزا بر غلظت نیتروژن و روی فاقد اثر معنی دار بود (جدول ۳).

بیشترین غلظت نیتروژن برگ (۲/۶ درصد) در تیمار مایکوریزای ۲۲ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار (۲/۴۸ درصد) در تیمار میکوریزای مایع ۲۰ درصد بود هرچند از لحاظ آماری بین بقیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). طی پژوهشی در گیاه شمعدانی تلقیح شده با میکوریزا غلظت عناصر فسفر و پتاسیم افزایش

تحقیقی کاربرد میکوریزا باعث افزایش ریشه‌زایی قلمه‌ها در گیاه دارویی انگور خرس *Arctostaphylos* شد (Scagel, 2004b). در همزیستی میکوریزایی هیف‌های قارچ به نحوی نقش ریشه‌ی موئین گیاه را دارند و به عنوان سیستم ریشه‌ی گسترش یافته عمل می‌کنند. همچنین با افزایش سطح جذب، بیشتر شدن منطقه نفوذ ریشه، طول عمر بیشتر ریشه جاذب و استفاده بهتر از عناصر کم فراهم می‌تواند مفید واقع شود (Garg and Chandel, 2010). پنج ماه پس از کاشت، قلمه‌ها مجدداً به منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه نو با کاربرد میکوریزا

میانگین مربعات										
منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	مس	روی	حجم ریشه	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
میکوریزا	۳	۰/۰۰۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۳*	۳/۳۸*	۶۹/۱۹ <sup>ns</sup>	۲۹۴**	۵۰/۳*	۱۵۲/۹**	۰/۱۶۵**
خطا	۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۷۱	۲۳/۶	۱۳/۲	۷/۱۶	۱/۵۴	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	۲/۸۱	۳/۵۳	۲/۷۷	۴/۸۴	۷/۳۲	۱۷/۹	۱۰	۷/۳۵	۱۵/۰۶	

\* معنی داری در سطح ۵٪، \*\* معنی داری در سطح ۱٪ و <sup>ns</sup> عدم معنی داری

جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گل حنای گینه نو با کاربرد میکوریزا

میانگین مربعات					
حجم میکوریزا (%)	نیتروژن (%)	فسفر (%)	پتاسیم (%)	مس (mg/kg)	روی (mg/kg)
صفر	۲/۵۱ <sup>a</sup>	۰/۳۸۹ <sup>bc</sup>	۲/۴۸ <sup>b</sup>	۱۶/۲ <sup>b</sup>	۶۴/۴ <sup>ab</sup>
۱۱	۲/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۴۰۸ <sup>ab</sup>	۲/۴۹ <sup>b</sup>	۱۷/۸ <sup>ab</sup>	۶۳/۲ <sup>b</sup>
۲۲	۲/۶۰ <sup>a</sup>	۰/۴۱۹ <sup>a</sup>	۲/۶۶ <sup>a</sup>	۱۸/۷ <sup>a</sup>	۷۳/۵ <sup>a</sup>
۲۰	۲/۴۸ <sup>a</sup>	۰/۳۷۶ <sup>c</sup>	۲/۴۹ <sup>b</sup>	۱۷/۰۵ <sup>b</sup>	۶۴/۲ <sup>b</sup>

حجم میکوریزا (%)	حجم ریشه (cc)	طول ریشه (cm)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
صفر	۱۳ <sup>b</sup>	۲۲ <sup>b</sup>	۱۳/۶ <sup>c</sup>	۰/۲۶۳ <sup>bc</sup>
۱۱	۱۸/۶ <sup>b</sup>	۲۶/۳ <sup>b</sup>	۱۷/۵ <sup>b</sup>	۰/۳۴۰ <sup>b</sup>
۲۲	۳۴/۶ <sup>a</sup>	۳۳ <sup>a</sup>	۲۶/۴ <sup>a</sup>	۰/۷۳۰ <sup>a</sup>
۲۰	۱۴/۶ <sup>b</sup>	۲۶/۶ <sup>b</sup>	۹/۸۵ <sup>d</sup>	۰/۲۱۳ <sup>c</sup>

میانگین‌ها با حروف مشترک، فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ بر اساس آزمون LSD می‌باشند.

میانگین‌ها حاکی از آن است که اختلاف بین تیمار میکوریزای ۲۲ درصد با بقیه تیمارها بر میزان پتاسیم معنی دار بوده است. به طوری که بیشترین میزان پتاسیم (۲/۶۶ درصد) در میکوریزای ۲۲ درصد و کمترین میزان (۲/۴۸ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). محققان دریافته‌اند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش رشد رویشی و جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه ذرت شد (Sitaramaiah et al., 1998). در تحقیقی بهبود محتوای فسفر و پتاسیم در گوجه فرنگی تلقیح شده با میکوریزا را نسبت به گیاهان تلقیح نشده گزارش دادند (Al-Karaki and Hammad, 2001). محققان افزایش پتاسیم در گیاهان آکاسیا تلقیح شده با میکوریزا

یافت ولی تأثیر معنی داری در مقدار ماده خشک ساقه یا غلظت نیتروژن مشاهده نشد (Perner et al, 2007). در مورد فسفر بیشترین غلظت (۰/۴۱۹ درصد) با کاربرد میکوریزای ۲۲ درصد حاصل شد و کمترین مقدار (۰/۳۷۶ درصد) مربوط به تیمار میکوریزای مایع ۲۰ درصد بود (جدول ۴). افزایش جذب فسفر در تیمارهای قارچ میکوریزا به دلیل تأثیر همزیستی میکوریزایی در افزایش سطح جذب ریشه و تأثیر این قارچ‌ها در ترشح اسید فسفاتازها، آنزیمات‌ها و تراوش یون پروتون صورت می‌گیرد (Giri et al., 2003). در گیاهان تلقیح شده حلالیت فسفر افزایش می‌یابد و باعث بهبود فراهمی فسفر می‌شود (Sakurai et al., 2001). نتایج مقایسه

را گزارش کردند (Giri et al, 2007).

تلقیح میکوریزا بر غلظت روی فاقد اثر معنی دار بود به طوری که با کاربرد میکوریزای ۲۲ درصد بیشترین غلظت روی (۷۳/۵۲ میلی گرم در کیلوگرم) و کمترین مقدار (۶۳/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم) در میکوریزای ۱۱ درصد حاصل شد (جدول ۴). بیشترین غلظت مس (۱۸/۷۷ میلی گرم در کیلوگرم) مربوط به تیمار میکوریزای ۲۲ درصد و کمترین مقدار (۱۶/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۴). نتایج تحقیقات متعدد بیانگر اثر مستقیم قارچ‌های میکوریزا بر جذب و انتقال بعضی عناصر غذایی، به ویژه عناصر کم مصرف نظیر مس و روی در گیاهان می باشد (شیرمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). قارچ میکوریزا به جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، روی، مس و گاهی اوقات پتاسیم کمک کرده (Neumann and George, 2005) و در نتیجه باعث افزایش وزن خشک گیاهان می شود (Lee and George, 2005). قارچ میکوریزا با گسترش هیف‌ها در درون ریشه و افزایش در مقدار سطح ریشه و دسترسی به خاک می تواند بر روی جذب عناصر پر مصرف اثر معنی داری بگذارد. افزایش در مقدار هیف‌ها تبادل مواد بین ساقه و ریشه را افزایش می دهد و بر رشد تأثیر خواهند داشت (Kung'u, 2008). بهبود رشد و جذب عناصر غذایی در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی به اثبات رسیده است (Koide, 2000). کودهای زیستی به ویژه تلقیح میکوریزایی می تواند طی فرایندهای بیولوژیکی عناصر غذایی را از شکل غیر قابل جذب آنها بصورت قابل جذب برای گیاهان تبدیل کند (Vessey, 2003). میزان کارایی جذب عناصر غذایی ناشی از تلقیح میکوریزایی به توانایی ارتباط بین میزبان و میکوریزا، توسعه کلونی در محیط ریشه و فراهمی مواد آلی وابسته است (Douds and Millner, 1999).

میزان حجم ریشه تحت تأثیر تیمار میکوریزا در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت همچنین طول ریشه نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین حجم و طول ریشه به ترتیب ۳۴/۶۶ میلی متر مکعب و ۳۲ سانتی متر در تیمار میکوریزای ۲۲ درصد و کمترین این مقادیر

به ترتیب ۱۳ میلی متر مکعب و ۲۲ سانتی متر در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). میکوریزا انشعابات ریشه را افزایش می دهد (Berta et al., 1993). بررسی نتایج محققان بیانگر افزایش وزن تر ریشه، سطح و طول ریشه در گیاهان استئوسپرموم تلقیح شده با میکوریزا بود (خندان میرکوهی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین افزایش طول ریشه در داوودی تلقیح شده با میکوریزا گزارش شده است که افزایش جذب عناصر غذایی بوسیله ریشه‌های میکوریزایی می تواند دلیل این امر باشد (Sohn et al., 2003). وزن تر و خشک ریشه نیز بطور معنی داری تحت تأثیر تیمار میکوریزا در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). با کاربرد میکوریزای ۲۲ درصد بیشترین وزن تر و خشک ریشه به ترتیب با مقادیر ۲۶/۴۹ و ۰/۷۳۰ گرم حاصل شد. همچنین کمترین این مقادیر با میانگین ۹/۸۵ و ۰/۲۱۳ گرم در میکوریزای مایع ۲۰ درصد مشاهده شد (جدول ۴). میکوریزا تأثیر مثبتی در فیزیولوژی گیاه میزبان دارد و باعث افزایش غلظت فسفر گیاه، بیومس، محتوای کلروفیل و مقدار فتوسنتز می شود (Khade and Rodrigues, 2009). محققان افزایش وزن خشک ریشه گیاهان تلقیح شده را به دلیل افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تلقیح شده و در نتیجه افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول در ریشه دانستند (Feng et al., 2002). بررسی نتایج محققان بیانگر افزایش وزن خشک ریشه در حضور قارچ میکوریزا بود (Gupta and Rutaray, 2005).

### نتیجه گیری:

نتایج نشان داد که درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها در تمامی تیمارها صد درصد بود. بین قلمه‌های تلقیح شده و شاهد در صفات طول، حجم، تعداد ریشه و وزن تر و خشک ریشه اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد. همچنین نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر تیمار میکوریزا در جذب عناصر فسفر، پتاسیم و مس در سطح احتمال پنج درصد بود. بیشترین غلظت نیتروژن برگ (۲/۶ درصد)، فسفر (۰/۴۱۹ درصد)، پتاسیم (۲/۶۶ درصد)، روی (۷۳/۵۲ میلی گرم در کیلوگرم)، مس (۱۸/۷۷ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار

غذایی، افزایش عملکرد، افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماریزای ریشه، کاهش تنش‌ها و تولید هورمون‌های محرک رشد از قبیل هورمون‌های ریشه‌زایی می‌توان در بستر ریشه‌زایی قلمه‌های گل حنای گینه نو توصیه کرد.

مایکوریزای ۲۲ درصد (پودری) حاصل شد. همچنین بیشترین حجم و طول ریشه (۳۴/۶۶ میلی‌متر مکعب و ۳۲ سانتی‌متر)، بیشترین وزن تر و خشک ریشه (۲۶/۴۹ و ۰/۷۳۰ گرم) مربوط به تیمار ۲۲ درصد قارچ میکوریزا (پودری) بود. کاربرد قارچ میکوریزا را به دلیل فوایدی از قبیل افزایش جذب عناصر

## منابع:

بیدرنامی، ف. و محکمی، ز. (۱۳۹۳) تأثیر قارچ‌های همزیست در بسترهای مختلف رشد بر خصوصیات ریشه‌زایی قلمه گیاه شفلرا (*Schefflera arboricola*). اولین کنگره ملی گل و گیاهان زینتی ایران، محلات، ایران.

خندان میر کوهی، ع.، شیخ اسدی، م.، طاهری، م. و بابالار، م. (۱۳۹۴) تأثیر قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا و سطوح مختلف فسفر بر برخی جنبه‌های رشد گیاه لیزیانتوس. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲۲: ۶۷-۵۷.

شیرمحمدی، ا.، اصغرزاد، ن. ع.، اوستان، ش.، نجفی، ن.، و شیرمحمدی، ب. (۱۳۸۹) تأثیر کمبود برخی فلزات و اینوکلوم‌های دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار بر ترشح ترکیبات کیلیت کننده از ریشه گیاه گوجه فرنگی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۳: ۶۹-۶۳.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۸۴) گلکاری علمی و عملی. جلد اول، انتشارات گلبن، اصفهان.

- Al-Karaki, G. N. and Hammad, R. (2001) Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 24: 1311-1323.
- Al-Karaki, G. N. (2006) Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulture* 109: 1-7.
- Berta, G., Fusconi, A. and Trotta, A. (1993) VA mycorrhizal infection and the morphology and function of root systems. *Environmental and Experimental Botany* 33: 159-173.
- Citernes, A. S., Vitagliano, C. and Giovannetti M. (1998) Plant growth and root system morphology of *Olea europaea* L. Rooted cutting as influenced by arbuscular mycorrhiza. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 75: 647-654.
- Corkidi, L. D., Merhaut, J., Allen, E. B., Downer, J., Bohn, J. and Evan, M. (2011) Effects of mycorrhizal colonization on nitrogen and phosphorus leaching from nursery containers. *Hortscience* 46(11): 1472-1479.
- Diaz-Granados, R. A. A., Silva, O. J. O., Moreno, G. L., Magnitskiy, S. and Rodriguez, A. (2009) Influence of mycorrhizal fungi on the rooting of stem and stolon cuttings of the colombian blueberry (*Vaccinium meridionale* Swartz). *International Journal of Fruit Science* 9: 372-384.
- Douds, D. D., Becard, G., Pfeffer, P. E., Doner, L. W., Dymant, T. J. and Kayer, W. M. (1995) Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on rooting of *Sciadopitys verticillata* Sieb & Zucc. cuttings. *HortScience* 30: 133-134.
- Douds, J. R. and Millner, P. D. (1999) Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 77-93.
- Feng, G., Zhang, F. S., Li, X. L., Tian, C. Y. and Tang, C. (2002) Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185-190.
- Garg, N. and Chandel, S. (2010) Arbuscular mycorrhizal networks: Process and functions. A review. *Agronomy Sustainable Development* 30: 581-599.
- Garmendia, I., Goicoechea, N. and Aguirreola, J. (2004) Effectiveness of three *Glomus* species in protecting pepper (*Capsicum annum* L.) against verticillium wilt. *Biological Control* 31: 296-305.
- Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K. G. (2003) Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis*. *Biology and Fertility of Soils* 38: 170-175.
- Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, K. G. (2007) Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum*, may be partly related to elevated  $K^+/Na^+$  ratios in root and shoot tissues. *Microbial Ecology* 54: 753-760.
- Grant, C. A., Peterson, G. A. and Capbell C. A. (2002) Nutrient consideration for diversified cropping systems in the northern great plains. *Agronomy Journal* 94: 186-198.
- Gupta, N. and Rutaray, S. (2005) Growth and development of AM fungi and maize under salt and acid stress. *Acta Agricultural Scandinavia, Section B, Soil and Plant Science* 55: 151-157.

- Harrison-Murry, R. S. and Howard, B. H. (2000) Environmental requirements as determined by rooting potential in leafy cutting in: Genetic and Environmental Manipulation of Horticultural Crops 59-64.
- Hassig, B. E. (1986) Metabolic process in adventitious rooting of cuttings. In: New Root Formation in Plants and Cuttings (ed. Jackson M. B.) Pp. 141-189. Martinus Nijhoff Publishers Dordrecht, Netherlands.
- Khade, S. W. and Rodrigues, B. F. (2009) Studies on Effects of arbuscular mycorrhizal (Am) fungi on mineral nutrition of *Carica papaya* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 37: 183-186.
- Koide, R. T. (2000) Mycorrhizal symbiosis and plant reproduction. In: Arbuscular mycorrhizas physiology and function (eds. Kapulnik, Y. and Douds, D. D.) Pp. 19-46. Springer Netherlands.
- Kung'u, J. B. (2008) Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (vam) inoculation on growth performance of *Senna spectabilis*. Pakistan Journal of Botany 40: 2217-2224.
- Larose, G., Chenevert, R., Moutoglis, P., Gagne, S., Piche, Y. and VeirheiliG, H. (2002) Flavonoid levels in roots of *Medicago sativa* are modulated by the developmental stage of the symbiosis and the root colonizing arbuscular mycorrhizal fungus. Journal of Plant Physiology 159: 1329-39.
- Lee, Y. J. and George, E. (2005) Contribution of mycorrhizal hyphae to the uptake of metal cations by cucumber plants at two levels of phosphorus supply. Plant and Soil 278: 361-370.
- Linderman, R. G. and Call, C. A. (1977) Enhanced rooting of woody plant cuttings by mycorrhizal fungi. Journal of the American Society for Horticultural Science 102: 629-32.
- Mala, W. J., Kumari, I. S., Sumanasena, H. A., and Nanayakkara, C. M. (2010) Effective Spore density of *Glomus mosseae*, arbuscular mycorrhiza (AM), for inoculation of rooted cuttings of Black Pepper (*Piper nigrum* Linn). Tropical Agricultural Research 21: 189-197.
- Mc Donald, B. M. and Kwong, F. Y. (2005) Flower seeds biology and technology. CABI Publishin.
- Mitchell, R. J., Garrett, H. E., Cox G. S. and Atalay, A. (1986) Boron and ectomycorrhizal influences on indole-3-acetic acid levels and indole-3-acetic acid oxidase and peroxidase activities of *Pinus echinata* roots. Tree Physiology 1: 1-8.
- Nemi, K., Scagel, C. and Haggman H. (2004) Application of ectomycorrhizal fungi in vegetative propagation of conifers. Plant Cell Tissue Organ Culture 78: 83-91.
- Neumann, E. and George, E. (2005) Does the percentage of arbuscular mycorrhizal fungi influence growth and nutrient uptake of a wild type tomato cultivar and a mycorrhiza defective mutant, cultivated with roots sharing the same soil volume. New Phytologist 166: 601-609.
- Ortas, I., Kaya, Z., and Cakmak, I. (2001) Influence of VA mycorrhiza inoculation on growth of maize and green pepper plants in phosphorus and zinc deficient soils. In: Plant nutrition Food security and sustainability of agroecosystems (Horst W.J. et al., eds). Kluwer Acad Publ, Dordrecht. Pp. 632-633.
- Perner, H., Schwarz, D., Bruns, C., Mader, P. and George, E. (2007) Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. Mycorrhiza. Springer 1-7.
- Sakurai, K., Tanaka, N., Iwasaki, K. and Tanaka, S. (2001) Effects of arbuscular mycorrhizal application on the distribution of phosphorus and iron in the rhizosphere soils of sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: Plant nutrition food security and sustainability of agroecosystems through basic and applied research. (ed. Horst, W. J.) Pp. 620-621. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Scagel, C. F. and Linderman, R. G. (1998) Influence of ectomycorrhizal fungi inoculation on growth and root IAA concentrations of transplanted conifers. Tree Physiology 18: 739-747.
- Scagel, C. F. (2000) Using mycorrhizal fungi during propagation of woody horticultural crops. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 50: 589-594.
- Scagel, C. F. (2001) Cultivar specific effects of mycorrhizal fungi on the rooting of miniature rose cuttings. Journal of Environmental Horticulture 19: 15-20.
- Scagel, C. F., Reddy, K. and Armstrong, J. M. (2003) Mycorrhizal fungi in rooting substrate influences the quantity and quality of roots on stem cuttings of Hick,s Yew. Hortechonology 13: 62-66.
- Scagel, C. F. (2004a) Influence of arbuscular mycorrhizal inoculum on cutting composition during early stages of adventitious rooting in miniature rose. Journal of the American Society for Horticultural Science 129: 624-634.
- Scagel, C. F. (2004b) Enhanced rooting of kinnikinnick cuttings using mycorrhizal fungi in rooting substrate. HortTechnology 14: 355-363.
- Shaul-Keinan, O., Gadkar, V., Ginzberg, I., Grunzweig, J.M., Chet, I., Elad, Y., Wininger, S., Belausov, E., Eshed, Y., Arzmon, N., Ben-Tal, Y. and Kapulnik, Y. (2002) Hormone concentrations in tobacco roots change during arbuscular mycorrhizal colonization with *Glomus intraradices*, New Phytologist 154: 501-507.
- Sitaramaiah, K., Rahulkhanna, T. and Trimuthulu, N. (1998) Effect of *Glomus fasciculatum* on growth and chemical composition of maize. Soil Microbes and Plant Pathol 64: 34-37.
- Smith, S. E., Dickson, S. and Smith, F. A. (2001) Nutrient transfer in arbuscular mycorrhizas: How are the fungal and plant processes integrated. Australian Journal of Plant Physiology 28: 683-694.

- Sohn, B. K., Kim, K. Y., Chung, S. J., Kim, W. S., Park, S. M., Kang, J. G., Rim, Y. S., Cho, J. S., Kim, T. H. and Lee, J. H. (2003) Effect of the different timing of AMF inoculation on plant growth and flower quality of chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 98: 173-183.
- Stavros, D. V., Menexes, G. and Rilligo, M. C. (2012) Do arbuscular mycorrhizal fungi affect the allometric partition of host plant biomass to shoots and roots. A meta-analysis of studies from 1990-2010. *Mycorrhiza* 22: 227-235.
- Tamasloukht, M. B., Sejalon-Delmas, N., Kluever, A., Jauneau, A., Roux, C., Becard, G. and Franken, P. (2003) Root factors induce mitochondrial related gene expression and fungal respiration during the developmental switch from asymbiosis to presymbiosis in the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora rosea*. *Plant Physiology* 131: 1468-1478.
- Thanuja, T. V., Hegde, R. V. and Sreenivasa, M. N. (2002) Induction of rooting and root growth in black pepper cuttings (*Piper nigrum* L.) with the inoculation of arbuscular mycorrhizae. *Scientia Horticulturae* 92: 339-346.
- Vessey, J. K. (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255: 571-586.

