نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر رشد و جذب عناصر غذایی کاهو رقم "سیاهو" (*Lactuca sativa* L.)

***بهروز اسماعیل‌پور[۱] و ناصر امانی[۲]**

[۱]دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل،

[۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۲٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر شاخص‌های رشد و جذب عناصر درشت مغذی کاهو رقم "سیاهو" آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تکرار در گلخانه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۰ صورت گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل تلقیح کاهو با دو گونه قارچ میکوریز *Glomus fasciculatum* و *Glomus intraradices* و شاهد (بدون تلقیح) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر قارچ میکوریز بر ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، میزان کلروفیل، وزن تر بوته، وزن خشک بوته و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. تلقیح با قارچ میکوریز باعث افزایش معنی‌دار در شاخص‌های رشد رویشی در مقایسه با شاهد گردید و بیش‌ترین مقدار برای این صفات در تلقیح با قارچ *G. intraradices* حاصل شد. تأثیر تلقیح گیاهان با قارچ میکوریز بر عناصر درشت مغذی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و تلقیح گیاهان با قارچ *G. intraradices* جذب عناصر غذایی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طورکلی تلقیح با قارچ میکوریز می‌تواند علاوه‌بر افزایش رشد، با جذب بیش‌تر عناصری مانند کلسیم و پتاسیم شاخص‌های کیفی پس از برداشت را در کاهو افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، فسفر، کلروفیل، کود زیستی، نیتروژن

* مسئول مکاتبه: behsmaiel@yahoo.com

مقدمه

کاهو (*Lactuca sativa* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده مرکبان[1] و یکی از سبزی‌های برگی فصل خنک است که در سال‌های اخیر توجه خاصی به کشت و تولید آن معطوف شده است. کاهو ملکه گیاهان سالادی است که نام آن در بیش‌تر مناطق دنیا با سالاد همراه می‌باشد. این گیاه سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای سلامتی انسان است، همچنین به‌علت دارا بودن سلولز زیاد هضم غذاها را راحت می‌کند. افزون بر این کاهو دارای موادی به‌نام لاکتوسین و لاکتوپیکرین می‌باشد که دارای اثر آرام‌بخش و خواب‌آوری هستند. در ایران نیز کاهو در بسیاری از مناطق تولید می‌گردد و درصدی از این تولید نیز به کشورهای منطقه خلیج‌فارس صادر می‌شود (فخاریان و همکاران، ٢٠٠٨). این گیاه بلافاصله پس از کاشت ریشه عمودی عمیقی تولید می‌کند و سپس ریشه‌های فرعی را توسعه می‌دهد که وظیفه جذب مواد غذایی را بر عهده دارند (پیوست، ٢٠٠٩).

قارچ‌های میکوریز از عوامل ضروری در سیستم پایدار خاک و گیاه محسوب می‌شوند که با ریشه بیش از ٩٧ درصد گیاهان همزیستی دارند (اسمیت و رید، ٢٠٠٨). قدمت قارچ‌های میکوریزا در اکوسیستم خشکی به بیش از ٤٦٠ میلیون سال می‌رسد (ریلیگ، ٢٠٠٤). میکوریزا آربوسکولار[2] متداول‌ترین نوع قارچ میکوریز است و بخش مهمی از منبع آلی در سیستم‌های کشاورزی را به خود اختصاص داده است (تاهات و همکاران، ٢٠١٠). قارچ میکوریز با ریشه بیش از ٨٠ درصد ازگونه‌های گیاهان خاکی در ارتباط است (تاهات و سیجان، ٢٠١٢). امروزه مشخص شده است که قارچ‌های میکوریز به روش‌های مستقیم مانند بهبود تغذیه گیاه از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب توسط گیاه و غیرمستقیم مانند کاهش تنش‌های زیستی (بیماری‌های گیاهی) و غیرزیستی (شوری، خشکی و عناصر سنگین) سبب افزایش رشد گیاه میزبان می‌گردند (تاهات و سیجان، ٢٠١٢) قارچ‌های میکوریز با تشکیل شبکه‌هایی در اطراف ریشه‌های گیاهان، سطح تماس آن‌ها با خاک و رطوبت را بین ١٠٠٠-١٠ برابر افزایش می‌دهند و به این ترتیب گیاه توانایی بیش‌تری در استفاده از منابع موجود در محیط اطراف خود را پیدا می‌کند (شارما، ٢٠٠٢). زاکرینی (٢٠٠٧) گزارش کرد که کاربرد قارچ میکوریز در شرایط تنش شوری باعث افزایش جذب فسفر در کاهو گردید و بیش‌ترین کارآیی قارچ میکوریز در سطوح بالای شوری حاصل گردید. سیمن و همکاران (٢٠١٠) دریافتند که

1- Asteraceae
2- Arbuscular Mycorrhizal

قارچ میکوریز *G. intaradices* باعث افزایش شاخص‌های رشد در کاهو در کشت پاییزه شد و وجود قارچ میکوریز باعث کنترل خردل وحشی شد. مارتین و همکاران (۲۰۰۲) دریافتندکه اضافه نمودن تفاله زیتون به بستر کشت گیاهان کاهو تلقیح شده با قارچ میکوریز باعث کاهش رشد این گیاهان شد زیرا تفاله زیتون شامل مواد فنلی است و قارچ میکوریز با افزایش سطح جذب ریشه سبب جذب مقدار بیش‌تری از این مواد شد. باسلام و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که گیاهان کاهوی تلقیح شده با میکوریز *G. fasiculatum* سطوح بالایی از کلسیم و عناصر میکرو و همچنین کاروتنوئیدها و ترکیبات فنلی را دارند که سبب افزایش کیفیت غذایی این گیاه می‌شود. فرشیان و ملک‌زاده (۲۰۰۷) دریافتند که تلقیح گیاهان کاهو با قارچ میکوریز *G. mosseae* در کاهش مسمومیت روی در این گیاهان دخیل بوده است. با توجه به این‌که قارچ‌های میکوریز به‌عنوان یک کود بیولوژیک می‌تواند راه‌کار مناسبی برای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی در تولید گیاهان باشد و از سوی دیگر کاهو یکی از سبزی‌های ارزشمند و پرمصرف در جیره غذایی انسان محسوب می‌شود، که نیترات زیادی را در برگ‌های خود ذخیره می‌کند، بنابراین بررسی امکان استفاده از قارچ‌های میکوریز در تولید ارگانیک آن امری ضروری احساس می‌شود. در همین راستا این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار بر رشد و جذب عناصر درشت مغذی کاهو رقم "سیاهو" انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه مواد آزمایشی: برای انجام این آزمایش بذر F_1 کاهو رقم "سیاهو" از گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه گردید و مایه تلقیح دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار *G. fasciculatum* و *G. intraradices* از شرکت زیست فناوران توران تهیه شد.

محل اجرای آزمایش: این پژوهش شامل مراحل گلخانه‌ای و آزمایشگاهی بود که عملیات گلخانه‌ای آزمایش از مرداد تا دی‌ماه سال ۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت و تجزیه عناصر معدنی پیکره رویشی گیاهان و خصوصیات فیزیکی خاک در آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی صورت گرفت.

طرح آزمایشی: این آزمایش به‌صورت کاملاً تصادفی در ۵ تکرار اجرا شد، بستر کشت پایه نسبت ۱:۲ خاک و ماسه بود و تیمارهای آزمایشی شامل تلقیح گیاهان با دو گونه قارچ میکوریز

G. fasciculatum و *G. intraradices* و گیاهان تلقیح نشده به‌عنوان تیمار شاهد محسوب شدند. علامت‌های اختصاری به‌کار برده شده در نمودارها و جدول‌ها شامل موارد زیر است:

Gi، Gf و C به‌ترتیب نمایانگر قارچ‌های میکوریز گونه *G. intraradices* و *G. fasciculatum* و تیمار شاهد (بدون تلقیح) می‌باشند.

تولید نشا: در این آزمایش بذرهای F_1 کاهو رقم "سیاهو" در جعبه‌های کشت به‌منظور تولید نشا کاشته شدند. برای آماده‌کردن نشا در تیمارهای میکوریز نسبت اختلاط ۲:۱ خاک و ماسه را در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۱ ساعت و در ۳ روز متوالی استریل (گارک و ماچاندا، ٢٠٠٦) و با دو گونه قارچ میکوریز *G. fasciculatum* و *G. intraradices* به‌میزان ۵۰ گرم از هر گونه قارچ برای هر کیلوگرم خاک استفاده شد (علی‌اصغرزاد و همکاران، ٢٠٠٦) و برای گیاهان تلقیح‌نشده (شاهد) بذر F_1 کاهو رقم "سیاهو"در بستر کاشت پایه شامل نسبت ۱:۲ خاک و ماسه کشت گردید. پس از کاشت بذر جعبه‌ها تحت شرایط کنترل شده با دمای گلخانه ۲±۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٧٠-٦٠ درصد قرار داده شدند.

تهیه بستر کاشت اصلی و انتقال نشا: برای تهیه بستر برای کاشت نشاهای تلقیح شده با قارچ‌های میکوریز، ابتدا نسبت خاک و ماسه موردنظر با نسبت اختلاط ۱:۲ در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱ ساعت در ۳ روز متوالی استریل شدند (گارک و ماچاندا، ٢٠٠٦). برای گیاهان شاهد از بستر کشت پایه با نسبت ۱:۲ خاک و ماسه استفاده شد. بسترهای کاشت پس از آماده شدن در گلدان‌های ۱۰ کیلوگرمی توزیع شده و همچنین مقداری سنگریزه در ته گلدان به‌منظور ایجاد زهکش مناسب ریخته و سپس کاملاً آبیاری شد تا رطوبت خاک قبل از انتقال نشا به ظرفیت مزرعه برسد. انتقال نشا کاهو به گلدان‌های اصلی ٤ هفته بعد از کشت بذر (۱ شهریور) و در مرحله ٤ تا ۵ برگی صورت گرفت. میانگین دمای روزانه و شبانه گلخانه به‌ترتیب ۲±۲۰ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٦٠ درصد بود. میزان کربن آلی بستر کاشت ۰/۵۳ درصد، اسیدیته آن ۸ و هدایت الکتریکی آن نیز ۰/۱٦ دسی‌زیمنس بر متر بود. بافت خاک نیز به روش هیدرومتری، لومی شنی تعیین شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد رویشی

ارتفاع گیاه: ارتفاع گیاه توسط خط‌کش از سطح خاک تا انتهای بوته اندازه‌گیری شد.

کلروفیل: برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل CCM200 استفاده شد. لازم به ذکر است که برای اندازه‌گیری کلروفیل دو برگ از قسمت پایین، میانی و انتهای هر گیاه انتخاب و روی هر برگ نیز سه قسمت ابتدا، میانه و انتهای برگ برای اندازه‌گیری کلروفیل استفاده شد و میانگین این اعداد به‌عنوان میزان کلروفیل آن گیاه ثبت شد.

تعداد برگ: تعداد کل برگ نیز بعد از برداشت به‌صورت تخریبی شمارش شد.

سطح برگ: شاخص سطح برگ نیز پس از برداشت به‌وسیله دستگاه سطح‌سنج[1] مدل ΔT انگلستان با انتخاب سه برگ برای هر تکرار از قسمت‌های میانی گیاه اندازه‌گیری شد.

هدایت روزنه‌ای: برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر[2] مدل SC_1 ساخت کشور آمریکا استفاده شد. برای این منظور از قسمت میانی هر گیاه یک برگ انتخاب شد، به‌طوری‌که برگ گیاه بین گیره دستگاه قرار گرفته و پس از ۳۰ ثانیه میزان هدایت روزنه‌ای قرائت شد.

وزن تر بوته: پس از برداشت، وزن تر بوته‌های کاهو با استفاده از ترازوی دیجیتالی بر حسب گرم با دقت ۰/۱ گرم اندازه‌گیری شدند.

وزن خشک بوته: بعد از خشک کردن بوته‌ها درآون با دمای ۷۰ درجه به‌مدت ٤٨ ساعت وزن خشک بوته‌ها نیز با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری عناصر غذایی

نیتروژن: اندازه‌گیری نیتروژن با استفاده از روش گرهارد و دستگاه کجلدال صورت گرفت که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشد (برمنر و مالوانی، ۱۹۸۲).

پتاسیم: میزان پتاسیم در عصاره تهیه شده، به روش نورسنجی شعله با استفاده از دستگاه فلایم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که ابتدا استانداردهایی از عنصر پتاسیم با غلظت‌های مختلف تهیه و دستگاه فلایم‌فتومتر با آن‌ها کالیبره گردید. سپس میزان پتاسیم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه قرائت گردید (کنودسن و همکاران، ۱۹۸۲).

فسفر: اندازه‌گیری فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مطابق روش اولسن و سامرز (۱۹۸۲) صورت گرفت.

1- Leaf Area Meter
2- Porometer

کلسیم: میزان کلسیم در عصاره تهیه شده، به روش نورسنجی شعله با استفاده از دستگاه فلایم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که ابتدا استانداردهایی از عنصر کلسیم با غلظت‌های مختلف تهیه و دستگاه فلایم‌فتومتر با آن‌ها کالیبره گردید. سپس میزان کلسیم نمونه‌ها با استفاده از دستگاه قرائت گردید (والتر و لانیون، ١٩٨٢).

تجزیه و تحلیل داده‌ها: این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ٥ تکرار در گلخانه انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت. همچنین مقایسه میانگین تأثیر تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ٥ درصد انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار گرافیکی Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

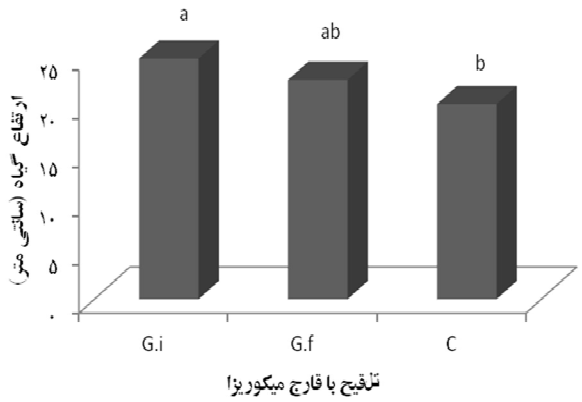
شاخص‌های رویشی: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار بر صفات رویشی مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، میزان کلروفیل در سطح احتمال ٥ درصد و برای صفات وزن تر و خشک بوته و هدایت روزنه‌ای در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ١).

جدول ١- تجزیه واریانس تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار بر شاخص‌های رشد رویشی و تغییرات هدایت روزنه‌ای کاهو رقم "سیاهو".

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع گیاه	تعداد برگ	سطح برگ	کلروفیل	وزن تر	وزن خشک	هدایت روزنه‌ای
تیمار	٢	٢٧/٦٥*	١٤٠/٦٠*	٣٥٤٧/٤٨*	١١٣/٨٠*	٢٩٢٥٦/٨٦**	٤٧١/٣٠**	٥٩٣٧/٢١**
اشتباه آزمایشی	١٢	٨/٥٥	٢٤/٣	٧٩٧/١٤	١٥/٦١	١٨٢/٥٠	٨/٦٦	٧٠٢/٩٢
ضریب تغییرات (درصد)	-	١٣	١٥/٦١	١٨/٩٣	١٤/٨٩	١٠/١٤	١٧/٠٣	١٥/٣٧

* معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد.

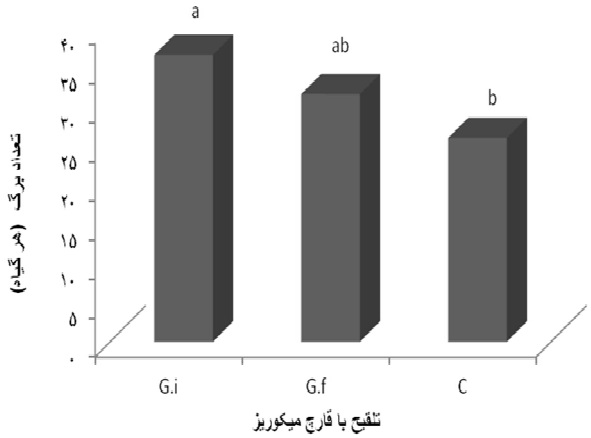
ارتفاع گیاه: با توجه به مقایسه میانگین تأثیر تیمارها مشخص می‌گردد که بیش‌ترین ارتفاع بوته در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریز گونه *G. intraradices* حاصل شد و کم‌ترین مقدار برای این شاخص در گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریز به‌دست آمد (شکل ۱). هم‌زیستی قارچ میکوریزا با ریشه نعناع از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیش‌تر و بهبود رشد، مانند ارتفاع گیاه گردید (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۲). گیاهچه‌های تانجرین تلقیح شده با قارچ آربوسکولار میکوریز نسبت به گیاهچه‌های بدون قارچ آربوسکولار میکوریز، تحت شرایط آبیاری بدون تنش و آبیاری با تنش، از ارتفاع بیش‌تری برخوردار بودند (وو و زیا، ۲۰۰۶). تلقیح با قارچ میکوریز ارتفاع گیاه گوجه‌فرنگی را افزایش داد،که دلیل آن جذب کافی آب و عناصر غذایی توسط هیف‌های قارچی اطراف ریشه بود (الکراکی و حمادا، ۲۰۰۱).



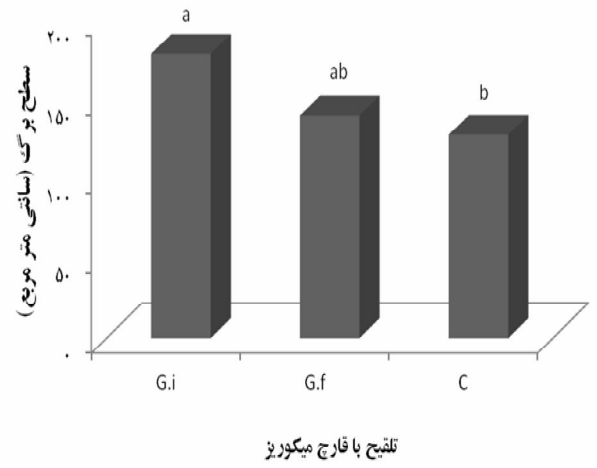
شکل ۱- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر ارتفاع گیاه کاهو.

تعداد و سطح برگ: تلفیح با قارچ میکوریز باعث افزایش تعداد و سطح برگ در گیاه کاهو در مقایسه با گیاهان شاهد شد و بیش‌ترین تعداد برگ و مساحت سطح برگ در اثر تلقیح با قارچ *G. intraradices* حاصل شد که با گیاهان مایه‌کوبی شده با *G. fasciculatum* تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و کم‌ترین تعداد و سطح برگ در گیاهانی تولید شد که با هیچ‌گونه قارچ میکوریزی تلقیح نشده بودند (شکل‌های ۲ و ۳). افزایش تعداد برگ در گیاهان در اثر تلقیح با قارچ میکوریز نسبت به گیاهان تلقیح نشده در گوجه‌فرنگی (خالد والخیدر، ۱۹۹۳) و گیاهچه‌های تانجرین (*Citrus tangerine*)

(وو و زیا، ٢٠٠٦) گزارش شده است. اصلانی و همکاران (٢٠١١) افـزایش معنـی‌دار سـطح بـرگ در گیاهان ریحان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی را به افزایش جذب عناصر غـذایی نـسبت دادند. دمیر (٢٠٠٤) گزارش کردند که هم‌زیستی با قارچ *G. intraradices* در گیـاه فلفـل منجـر بـه افزایش نسبت سطح برگ و میزان آبگیری برگ‌ها می‌شود. افزایش تعداد و سطح برگ تحت هم‌زیستی با قارچ‌های میکوریز توسط آمریان و همکاران (٢٠٠١) در ذرت وکاپتا و همکاران (٢٠٠٦) در ریحـان نیز گزارش شده است، کـه بـا نتـایج ایـن آزمـایش همخـوانی دارنـد. مـدینا و همکـاران (١٩٩٠) در پژوهش‌های خود بر روی ماشک دریافتند که قارچ میکوریز سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول می‌شود. زاکرینی (٢٠٠٧) گزارش کرد که کاربرد قارچ میکوریز در شرایط تنش شوری باعث افزایش سطح برگ در کاهو گردید و بیش‌ترین کـارآیی قـارچ میکـوریز در سطوح بالای شوری حاصل گردید. استفاده از میکوریزا به‌دلیل افـزایش جـذب آب و مـواد غـذایی و تولید سطح برگ بیش‌تر سبب افزایش ماده خشک گیاه می‌شود. نتیجـه ایـن نقـش میکـوریز، افـزایش فعالیت فتوسنتزی و تثبیت دی‌اکسیدکربن و افزایش بیوماس اندام هـوایی مـی‌شـود (اسـمیت و ریـد، ٢٠٠٨). گزارش شده است که هم‌زیستی با قارچ‌های میکوریز مـی‌توانـد میـزان فتوسـنتز را از طریـق تغییرات مورفولوژیکی مانند افزایش در شاخص سطح برگ افزایش دهد.



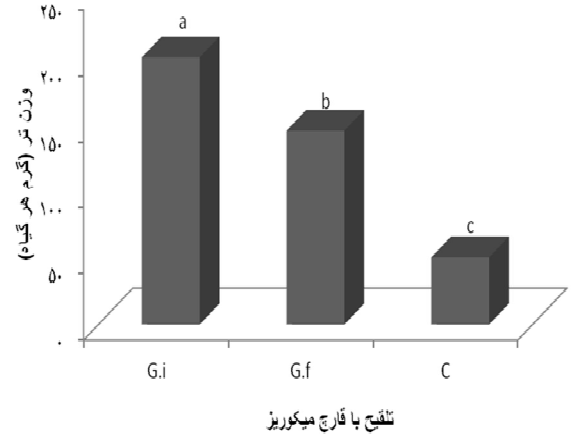
شکل ٢- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر تعداد برگ گیاه کاهو.



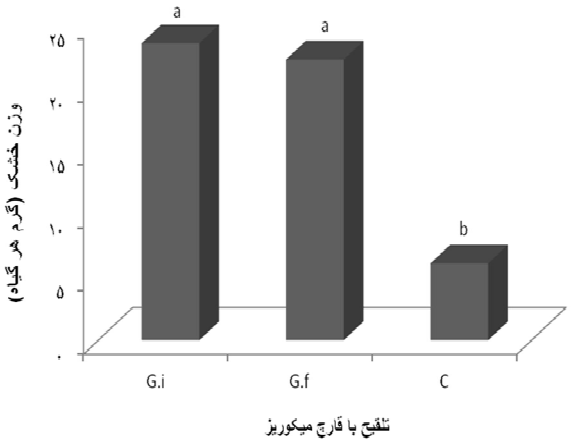
شکل ۳- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر سطح برگ گیاه کاهو.

وزن تر و خشک بوته: با توجه به مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تلقیح گیاهان کاهو با قارچ‌های میکوریز (شکل‌های ٤ و ٥) مشخص می‌گردد که تلقیح با قارچ میکوریز سبب افزایش در وزن تر و خشک گیاهان کاهو نسبت به شاهد شد. بیش‌ترین وزن تر بوته در مایه‌کوبی گیاهان با قارچ میکوریز *G. intraradices* حاصل شد که نسبت به گیاهان تلقیح شده با قارچ *G. fasciculatum* و شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. کم‌ترین وزن تر بوته نیز در گیاهان بدون تلقیح با قارچ میکوریز به‌دست آمد. بیش‌ترین مقدار وزن خشک بوته نیز در تیمار با قارچ *G. intraradices* حاصل گردید که با گونه *G. fasciculatum* تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. افزایش وزن خشک بخش هوایی توسط قارچ میکوریز آربوسکولار در موسیر چینی (پیرنر و همکاران، ۲۰۱۱)، پیاز خوراکی (ماهور و آلوک، ۲۰۰۰؛ علی‌اصغرزاد و همکاران، ۲۰۰۱)، گوجه فرنگی (سوبرامانیان و چارست، ۱۹۹۷؛ الکراکی و حماد، ۲۰۰۱) و فلفل (سنسوی و همکاران، ۲۰۰۷) گزارش شده است. گائور و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که سبزی‌های گشنیز، شنبلیله و هویج تلقیح‌شده با قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربوسکولار در یک خاک لوم شنی با کمبود مواد غذایی، در شرایط مزرعه دارای وزن خشک شاخساره بیش‌تری بودند و وجود شبکه گسترده هیف‌های قارچ، افزایش جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه مهیا می‌کند. برین و همکاران (۲۰۰٦) گزارش نمودندکه گیاهان میکوریزی گوجه‌فرنگی

در شرایط شوری نسبت به گیاهان شاهد عملکرد بیش‌تری تولید نمودند. قارچ‌های میکوریز سبب افزایش تولید گره، کلونی‌زایی ریشه، تجمع ماده خشک در اندام هوایی و جذب عناصر در گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) شد (سینگ و سینگ، ١٩٩٣).

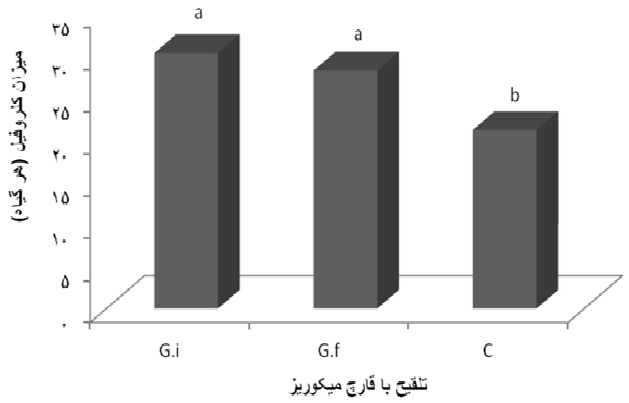


شکل ٤- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر وزن تر بوته گیاه کاهو.



شکل ٥- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر وزن خشک بوته گیاه کاهو.

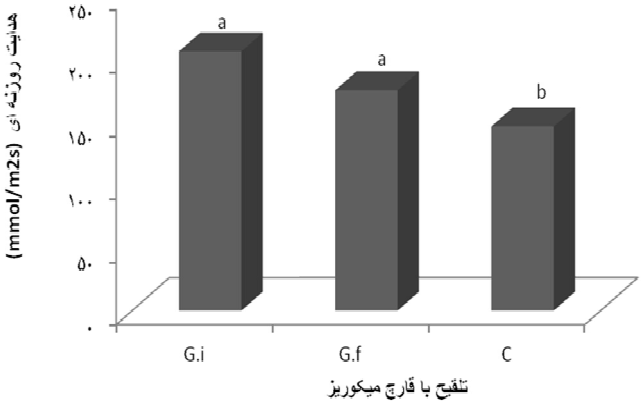
شاخص کلروفیل: تلقیح با قارچ میکوریز سبب افزایش میزان عدد کلروفیل‌متر در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده گردید و هر دو گونه قارچ میکوریز برای این صفت تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (شکل ٦). وو و زیا (٢٠٠٦) گزارش کردند که محتوای کلروفیل در گیاهچه‌های تانجرین آمیخته شده با قارچ تحت شرایط آبیاری ٢٣ درصد بیش‌تر از گیاهچه‌های بدون قارچ بود. به‌طورکلی، بهبود شرایط تغذیه‌ای و محیطی باعث افزایش توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیش‌تر می‌شود که این احتمالاً بر میزان کلروفیل نیز تأثیر می‌گذارد. افزایش میزان کلروفیل در اثر تلقیح با میکوریز می‌تواند ناشی از جذب فسفر از خاک توسط گیاه باشد (اسمیت و رید، ٢٠٠٨). زاکرینی (٢٠٠٧) دریافت که در تلقیح گیاهان کاهو با ترکیبی از سه گونه قارچ میکوریز *G. intaradices*، *G. mosseae* و *G. coronatum* باعث مقاومت به شوری آب آبیاری شد و محتوای کلروفیل در گیاهان تلقیح شده افزایش یافت.



شکل ٦- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر میران کلروفیل گیاه کاهو.

هدایت وزنه‌ای: مقایسه میانگین تأثیر تیمارها نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریز سبب افزایش هدایت روزنه‌ای در برگ‌های گیاهان کاهو در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده گردید، ولی بین گونه‌های قارچ میکوریز برای این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ٧). قارچ‌های میکوریز با تأثیر بر میزان آب بافت‌های گیاهی و تبادلات گازی برگ‌ها سبب افزایش میزان آب بافت‌های گیاهی می‌شوند و از سوی دیگر تبخیر و تعرق را نیز کاهش می‌دهند این قارچ‌ها با کنترل عمل باز و بسته شدن

روزنه‌های برگ و افزایش جذب آب در اثر گستردگی شبکه هیف‌های خود مشکلات رطوبتی گیاه مانند جذب آب و تعرق را کاهش می‌دهند (رویز لوزانو و همکاران، ۲۰۰۳). این قارچ‌ها با کاهش مقاومت انتقال آب به ریشه‌ها و وجود هیف‌های قارچ در ناحیه کورتکس ریشه جذب آب توسط گیاه را تسریع نموده و با جذب بیش‌تر آب باعث افزایش هدایت روزنه‌ای می‌شوند. علاوه‌بر این، قارچ‌های میکوریز با جذب کارآمد آب کم‌تر در معرض تنش رطوبتی قرار گرفته و روزنه‌های خود را باز نگه داشته و هدایت روزنه‌ای گیاه را افزایش می‌دهند. قارچ میکوریز ارتباط آب با گیاه میزبان را به‌وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای به‌وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد (صالحی و همکاران، ۲۰۰۸). اصلاح روابط آبی گیاه توسط قارچ‌های میکوریز می‌تواند به‌علت افزایش توان جذب آب و بهبود هدایت روزنه‌ای، جذب بیش‌تر آب به‌وسیله هیف‌ها، افزایش جذب آب و به حداکثر رساندن سریع پتانسیل گیاه به حد تعادل و ساخت خاکدانه‌ها باشد (شیرانی‌راد و همکاران، ۲۰۰۰).



شکل ۷- تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز بر هدایت روزنه‌ای گیاه کاهو.

عناصر غذایی: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار بر صفات کیفی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس تلقیح با قارچ میکوریز آربوسکولار بر میزان عناصردرشت مغذی کاهو رقم "سیاهو".

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		N	P	K	Ca
تیمار	۲	۱/۰۷**	۰/۰۲**	۱/۱۹**	۰/۲۷**
اشتباه آزمایشی	٦	۰/۰۰۷	۰/۰۰٤	۰/۰٤	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	٤/۰٥	۱۱/۱۹	٦/۱٤	۳/۰۹

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

فسفر: باتوجه به جدول مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۳) مشخص می‌گردد که تلقیح با قارچ میکوریز باعث افزایش محتوای فسفر در گیاهان تلقیح شده در مقایسه با شاهد گردیده است ولی دو گونه قارچ میکوریز برای مقدار فسفر گیاه تفاوت معنی‌داری را نشان نداده‌اند. چارون و همکاران (۲۰۰۱) دریافتندکه کلنیزاسیون ریشه با قارچ‌های میکوریزی *G. intraradices* و *G. versiform* باعث افزایش جذب فسفر در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی می‌شود سومانا و بایراجا (۲۰۰۲) گزارش کردند که تلقیح با قارچ میکوریزی به همراه ازتوباکتر موجب افزایش زیست‌توده و جذب فسفر شده و توانایی قارچ میکوریز در اشغال سیستم ریشه‌ای گیاه همبستگی منفی با مقدار فسفر موجود در خاک دارد. افزایش جذب فسفر به‌وسیله تسهیل انتقال فسفر از خاک به ریشه گیاهان و محلول ساختن فسفر به‌وسیله فسفاتاز صورت می‌گیرد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). کارلینگ و براون (۱۹۸۲) بیان نمودند که یکی از مهم‌ترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزی افزایش عملکرد گیاهان، به‌خصوص در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. این افزایش عملکرد به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و به‌دنبال دسترسی گیاه به حجم بیش‌تری از خاک می‌باشد. افزایش سرعت جذب فسفر توسط گیاه میزبان به‌دلیل حضور انشعابات فراوان هیف‌های داخلی میکوریزا در داخل سلول‌های پوست ریشه گیاه است که سطح وسیعی را برای انتقال عناصر غذایی به‌خصوص فسفر به گیاه میزبان فراهم می‌نماید (آبوت و رابسون، ۱۹۸۵). سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزایی ٦-۳ مرتبه بیش‌تر از گیاهان غیر میکوریزایی است (بولان، ۱۹۹۱). تورک و همکاران (۲۰۰٦) بیان نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی تامین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم‌تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به‌صورت

غیرمتحرک درمی‌آید. همچنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریز باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل‌جذب گردد. بنابراین، قارچ‌های میکوریز در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع زیست‌توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. برای جذب آن ریشه باید در تماس مستقیم با منبع فسفر قرار گیرد. از نظر فیزیکی، بهره‌برداری گیاهان میکوریزی از فسفر خاک توسط هیف‌هایی با قطر کم تسهیل می‌شود، تخمین زده می‌شود که حدود ٨٠ درصد جذب فسفر توسط گیاه به‌وسیله قارچ‌های میکوریز صورت می‌گیرد (مارشنر و دل، ١٩٩٤) افزایش بیش‌تر فسفر به‌علت محدود نمودن فعالیت قارچ میکوریز، توسعه ریشه و میسلیوم‌های قارچی و جذب عناصر را با مشکل مواجه نموده و در نتیجه قارچ به‌عنوان یک انگل عمل می‌نماید که تنها باعث مصرف کربوهیدرات‌های تولید شده توسط گیاه می‌گردد که این امر باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (الکراکی و همکاران، ٢٠٠٤).

جدول ٣- مقایسه میانگین تلقیح قارچ میکوریز آربوسکولار بر میزان عناصردرشت مغذی کاهو رقم "سیاهو".

تیمار		N(٪)	P(٪)	K(٪)	Ca(٪)
شاهد		١/٥٢^{b*}	٠/٢٠^{b}	٢/٥٤^{b}	١/٣٧^{c}
قارچ میکوریز	GIM	٢/٥٨^{a}	٠/٣٩^{a}	٣/٦٠^{a}	١/٩٤^{a}
	GFM	٢/٥٣^{a}	٠/٣٨^{a}	٣/٦٦^{a}	١/٨٣^{b}

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

پتاسیم: جدول مقایسه میانگین تیمارها (جدول ٣) نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریز میزان پتاسیم در گیاهان تلقیح‌شده در مقایسه با شاهد افزایش داده است، ولی دو گونه قارچ میکوریز برای مقدار فسفر گیاه تفاوت معنی‌داری را نشان نداده‌اند. نتایج پژوهش وو و زیا (٢٠٠٦) نشان داد در گیاهچه‌های آمیخته شده با قارچ میکوریز آربوسکولار سطوح پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها بیش‌تر از گیاهچه‌های بدون قارچ بود ولی این تفاوت‌ها تنها در شرایط تنش آبی معنی‌دار بود. سطوح پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها و ریشه‌های نارنج سه برگ (*Poncirus trifoliate*) آغشته شده با قارچ میکوریز بیش‌تر از مقدار آن‌ها در ریشه‌ها و برگ‌های گیاهان بدون قارچ بود (وو و همکاران، ٢٠٠٧). زاکرینی (٢٠٠٧) گزارش کرد که کاربرد قارچ میکوریز در شرایط تنش شوری باعث افزایش جذب پتاسیم در کاهو گردید و بیش‌ترین کارآیی قارچ میکوریز در سطوح بالای شوری حاصل گردید. سابرامانیان و چارست

(۱۹۹۷) مشاهده نمودند که تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاهان ذرت تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی، مقدار عناصر پتاسیم در دانه‌های ذرت به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. کلنیزاسیون قارچ میکوریز آربوسکولار، تنظیم اسمزی را بر مبنای افزایش غلظت پتاسیم و کلسیم بهبود می‌بخشد، در نتیجه منجر به افزایش تحمل به خشکی می‌شود (گیور و همکاران، ۲۰۰۰). امیرآبادی و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که هم‌زیستی میکوریزایی *G. intaradices* باعث افزایش رشد، عملکرد و ماده خشک ذرت علوفه‌ای شد و غلظت فسفر در اندام هوایی را نیز افزایش داد زاکرینی (۲۰۰۷) دریافت که تلقیح گیاهان کاهو با ترکیبی از سه گونه قارچ میکوریز *G. intaradices*، *G. mosseae* و *G. coronatum* باعث افزایش جذب فسفر و پتاسیم شد. شارداوامان و برنارد فلینو (۲۰۰۹) دریافتند که استفاده از مایع تلقیح به‌صورت جداگانه و ترکیبی قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intaradices* به‌کار بردند. نتایج نشان داد که استفاده از قارچ‌های میکوریز سبب افزایش پتاسیم در برگ گیاهان شد و بیش‌ترین تأثیر در افزایش مربوط به *G. mosseae* بود.

نیتروژن: تلقیح با قارچ میکوریز سبب افزایش میزان نیتروژن در بافت‌های گیاهی کاهو در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده گردید (جدول ۳). افزایش غلظت ازت در گیاهان میکوریزایی گزارش شده است البته شواهدی مبنی بر نقش قارچ‌های میکوریز در تثبیت ازت اتمسفری وجود ندارد. افزایش غلظت ازت در گیاه به افزایش فسفر نسبت داده شده است (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) در مطالعه تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر جذب نیتروژن به بقولات توجه بیش‌تری شده است و ممکن است هم‌زمان با افزایش فسفر در این گیاهان ممکن است که گره‌زایی و تثبیت نیتروژن نیز افزایش یابد. آزکون و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که سطوح بالای فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک، میزان عناصر ماکرو و میکرو را در گیاهان میکوریزی کاهش می‌دهند (سطح ۹ میلی‌مولار نیتروژن و ۰/۵ میلی‌مولار فسفر). پژوهش‌های نشان داده است که گیاهان میکوریزایی، جذب نیتروژن را مانند فسفر افزایش داده‌اند، این افزایش جذب در گیاهان میکوریزایی حتی در شرایطی که فسفر خاک زیاد باشد، نیز دیده شده است (هامل و اسمیت، ۱۹۹۱). و سطوح بالای جذب نیتروژن در گیاهان میکوریزی توسط جذب زیاد فسفر قابل توجیه می‌باشد. کاربرد سطوح بالای نیتروژن و فسفر در خاک سبب کاهش جذب عناصر در گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی کاهو شد. سابرامانیان و چارست (۱۹۹۷) مشاهده نمودند که تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاهان ذرت تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی، مقدار عناصر نیتروژن، پتاسیم، منگنز، منیزیم و روی در دانه‌های ذرت به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی افزایش در جذب عناصر غذایی و آب به‌طور عمده به‌دلیل انتشار میسلیوم قارچ‌های میکوریز مرتبط با بافت‌های درونی ریشه، در خاک اطراف ریشه و تشکیل یک سیستم جذب اضافی به‌صورت مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه است. افزایش جذب عناصر غذایی در گیاهان میکوریزی می‌تواند میزان فتوسنتز گیاه را نیز افزایش داده و باعث تولید ماده خشک بیش‌تر توسط گیاه گردد. علاوه‌بر این اثرات قارچ‌های میکوریز بر بهبود روابط آبی گیاه می‌تواند مستقل از وضعیت تغذیه گیاه باشد. قارچ‌های میکوریزا به‌دلیل افزایش مؤثر سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌وسیله گیاهان می‌شوند علاوه‌بر این به‌علت تأثیر میکوریز روی هدایت روزنه‌ای، میزان فتوسنتز گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده با میکوریز بیش‌تر می‌باشد. تولید هورمون‌های گیاهی مانند سایتوکینین به‌وسیله این قارچ‌های هم‌زیست نیز می‌تواند با اثرهای آن‌ها بر روی فرآیندهای متابولیکی گیاه همبستگی داشته باشد و سبب افزایش رشد، سطح برگ و افزایش فتوسنتز در گیاهان تلقیح شده می‌گردد که این افزایش توان فتوسنتزی، تولید مواد کربوهیدراته برای مصرف قارچ را میسر نموده و علاوه‌بر افزایش ماده خشک و عملکرد گیاه را نیز افزایش دهد. به‌طورکلی اثرات مثبت تلقیح با قارچ‌های میکوریز در رابطه با کاهو که یک سبزی برگی پرمصرف در جیره غذایی انسان است و مستعد تجمع نیترات نیز می‌باشد دارای اهمیت است، علاوه‌بر این کاهو یک سبزی نشایی است و استفاده از قارچ میکوریز می‌تواند شوک ناشی از نشاکاری را در این گیاه کاهش داده و از کاهش رشد و عملکرد گیاه جلوگیری نماید. نتایج این آزمایش بیانگر آن است که تلقیح گیاهان کاهو با قارچ میکوریز *Glomus intraradices* در افزایش رشد و جذب عناصر غذایی این گیاه کارآمدتر بود.

منابع

1. Abbott, L.K., and Robson, A.D. 1985. Formation of external hyphae in soil by four species of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 99: 245-255.
2. Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M.R., and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia, Bratislava. 19: 324-328.
3. Aliasgharzad, N., Saleh Rastin, N., Towfighi, H., and Alizadeh, A. 2001. Inoculation effect of four arbuscular mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion under salinity levels. In: Ramalho-Filho, A. and H. Eswaran (Eds.), Land degradation, New Trends Toward Global Sustainability Proceedings of a conference held at National Soil Research Center, Rio-de-Janeiro, Brazil. 17-21 September 2001.

4.Alkaraki, G.N., and Hamnad, R. 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. J. Plant Nutr. 24: 1311-1323.
5.AL-Karaki, G., McMichael, B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 4. 263-269.
6.Amerian, M.R., Stevart, W.S., and Griffiths, H. 2001. Effect of two species of arbusculalr mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relation in maize (*Zea mays*). Asp. Appl. Biol. 63: 1-6.
7.Amirabadi, M., Rejali Rasooli Sadaghiyani, M.F., Ardakani, M.R., and Borji, M. 2010. Determination of *Azotobacter* and Mycorrhizal Symbiosis efficiency under different levels of phosphorus on yield and yield components of forage maize (KSC 704). J. Soil. Water Res. Iran. 41: 1. 49-56. (In Persian)
8.Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadaghiyani, M., Sefidkon, F., and Barin, M. 2011. Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosse*ae and *G. intraradices*) on growth, chlorophyll contents and P concentration in basil *(Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. Iran. J. Med. Aroma. Plants. 27: 3. 471-486. (In Persian)
9.Azcon, R., Ambrosano, E., and Charest, C. 2003. Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. Plant Science. 165: 1137-1145.
10.Barin, M., Aliasgharzad, N., and Samadi, A. 2006. Influence of mycorrhization on mineral nutrition and yield of tomato under sodium chloride and salts mixtures. Soil. Water Sci. 20: 1. 94-105. (In Persian)
11.Baslam, M., Garmendia, I., and Goicoechea, N. 2011. Arbuscular Mycorrhizal fungi (AMF) improved growth and nutritional quality of greenhouse-grown lettuce. J. Agric. Food. Chem. 59: 5504-5515.
12.Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of Mycorrhizal fungi in the uptake on phosphorus by plants. Plant Soil. 134: 187-207.
13.Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total, P 595-624. In: Page, A.L. et al. (eds.), Methods of Soil Analysis. Agronomy Monograph 9, Part 2, 2nd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
14.Carling, D.E., and Brown, M.F. 1982. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non mycorrhizal roots. Phytopathol. 72: 1108-1114.
15.Charron, G., Furlan, V., Bernier-Carou, M., and Doyon, G. 2001. Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae, Effects of nitrogen fertilization on biomass and bulb firmness. Mycorrhiza. 11: 145-150.
16.Cimen, I., Turgay, B., and Pirinç, V. 2010. Effect of solarization and vesicular arbuscular mychorrizal on weed density and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.*)* in autumn season. Afr. J. Biotech. 9: 24. 3520-3526.
17.Copetta, A., Lingua, G., and Bert, G. 2006. Effect of three AM fungi on growth, distribution of glandular facilitation of plat phosphate acquisition by arbuscular mycorrhiza from enriched soil patches roots and hyphae exploiting the same soil volume. New Phytol. 133: 3. 453-460.

18. Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turk. J. Biol. 28: 85-90.
19. Fakharian, N., Hassanpour Asil, M., and Samizadeh Lahiji, H. 2008. Effects of temperature, thickness of polypropylene shrink wrapping and modified atmosphere packaging on storage longevity of lettuce (*Lactuca sativa* L.). J. Food. Sci. Technol. 22: 132-145.
20. Farshian, S., and Malekzadeh, P. 2007. Effect of Arbuscular Mycorrhizal (*G. etunicatum*) Fungus on Antioxidant Enzymes Activity under Zinc Toxicity in Lettuce Plants. Pak. J. Biol. Sci. 10: 11. 1856-1869.
21. Garg, N., and Manchanda, G. 2006. Role of Arbuscular Mycorrhizae in the Alleviation of Ionic, Osmotic and Oxidative Stresses Induced by Salinity in *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. (pigeonpea). J. Agron. Crop. Sci. 195: 110-123.
22. Gaur, A., Adholeya, A., and Mukergi, K.G. 2000. On farm production of VAM inoculums and vegetable crops in marginal soil amended with organic matter. Tropical Agriculture. 77: 1. 21-26.
23. Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresour. Technol. 81: 77-79.
24. Hamel, C.A., and Smith, D.L. 1991. Interspecific N-transfer and plant development in mycorrhiza field- grown moisture. Soil Biol. Biochem. 23: 661-665.
25. Khalied, A.S., and Elkhider, R.A. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. Mycorrhiza. 4: 45-57.
26. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium, potassium, P 225-246. In: Page, A.L. (ed.), Methods of soil analysis, part 2, Madison, WISC. ASA-SSSA.
27. Mahaveer, P.S., and Alok, A. 2000. Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an alfisol. Biol. Agri. Hort. 18: 1-14.
28. Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil. 159: 89-102.
29. Martın, J., Sampedro, I., Garcıa-Romera, I., Garcıa-Garrido, J.M., and Ocampo, J.A. 2002. Arbuscular mycorrhizal colonization and growth of soybean (Glycine *max*) and lettuce (*Lactuca sativa*) and phytotoxic effects of olive mill residues. Soil Biol. Biochem. 34: 1769-1775.
30. Medina, O.A., Kretschmer, A.E., and Sylvia, D.M. 1990. Growth response of field-grown Siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) and *Aeschynomene Americana* L. to inoculation with selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Biol. Fert. Soils. 9: 1. 54-60.

31. Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus, P 403-427. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part II: Chemical and Microbiological Properties. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy.
32. Perner, H., Schwarz, D., Kngelika, A., and George, E. 2011. Influence of sulfur supply, ammonium nitrate ratio, and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and composition of Chinese chive. Sci. Hort. 130: 485-490.
33. Peyvast, Gh. 2009. Vegetable crop production (4th edition). Guilan University Publication, 380p. (In Persian)
34. Rillig, M.C. 2004. Arbuscular Mycorrhizae and Terrestrial Ecosystem Processes, University of Montana, U.S.A.
35. Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic strees, new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza. 13: 309-317.
36. Salehi, F., Moradi Ghahderijani, M., Mirabol Fathy, M., and Ali Asghar Zadeh, N. 2008. Influence of mycorrhizal fungi (VA) inoculation and different levels of phosphorus on vegetative features of pistachio seedling and uptake of P, K, Ca, Mg and Zn. Pajouh. Sazand. 78: 48-56. (In Persian)
37. Sensoy, S., Demir, S., Turkmen, O., Erdinc, C., and Burak Savur, O. 2007. Responses of some different pepper (*Capsicum annum* L.) genotypes to inoculation with two different arbuscular mycorrhizal fungi. Sci. Hort. 113: 92-95.
38. Sharda Waman, M.K., and Bernard Felinov, R. 2009. Studies on effects of arbuscular mycorrhizal (Am) fungi on mineral nutrition of *Carica papaya* L. Notu. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 37: 183-186.
39. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 4078p.
40. Shirani-Rad, A.H., Alizadeh, A., and Hashemi-Dezfuli, A. 2000. The study of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress effects on nutrient uptake efficiency in wheat. Seed Plant. 16: 327-349. (In Persian)
41. Singh, H.P., and Singh, T.A. 1993. Effect of VA mycorrhizae in chickpea, Mycorrhizae. 3: 37-39.
42. Smith, S.E., and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, third ed. Academic Press, London, UK.
43. Subramanian, K.S., and Charest, C. 1997. Nutritional, growth and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza. 7: 25-32.
44. Sumana, D.A., and Bagyaraj, D.J. 2002. Interaction between VAM fungus and nitrogen fixing bacteria and their influence on growth and nutrition of neem (*Azadirachta indica*. A. Juss). Ind. J. Microbiol. 42: 295-298.
45. Tahat, M.M., and Sijam, K. 2012. Mycorrhizal fungi and abiotic environmental conditions relationship. Res. J. Environ. Sci. 6: 125-133.

46. Tahat, M.M., Sijam, K., and Othman, R. 2010. The role of tomato and corn root exudates on *Glomus mosseae* spores germination and *Ralstonia solanacearum* growth *in vitro*. Int. J. Plant Pathol. 1: 1-12.
47. Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of mycorrhizae. World J. Agri. Sci. 2: 16-20.
48. Walter, H.R., and Lanyon, L.E. 1982. Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. P267-262, In: Methods of soil analysis, Chemical and microbiological properties, USA.
49. Wu, Q.S., Xia, R.X., Zou, Y.N., and Wang, G.Y. 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncitrus trifoliate*) seedlings to drought stress. Acta. Physiol. Planta. 29: 543-549.
50. Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. J. Plant Physiol. 163: 417-425.
51. Zuccarini, P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. Plant Soil. Environ. 53: 283-289.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(2), 2014
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Investigating the effect of mycorrhizal inoculation on growth and uptake of nutrients in *lactuca sativa* cv Syaho

***B. Esmaielpour[1] and N. Amani[2]**
[1]Associate Prof., Dept. of Horticultural, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil,
[2]M.Sc. Graduate, Dept. of Horticultural, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil
Received: 12/14/2012; Accepted: 04/17/2013

Abstract

In order to investigate the effect of mycorrhizal inoculation on growth criteria and uptake of nutrient in lettuce (*lactuca sativa* L. cv Syaho), a completely randomized experiment with five replications was conducted in Research Greenhouse of Horticultural Department of Mohaghegh Ardabili University at 2010. Experimental treatments include inoculation of plants by two species of Arbuscular mycorrhiza *Glomus intraradices and G. fasciculatum* and control. Results from analysis of variance revealed that the effect of mycorrhizal inoculation on plant height, leaf number and surface, chlorophyll content of leaves, fresh and dry weight of plant and stomatal conductance were significant ($P \leq 0.05$). Mycorrhizal inoculation enhanced vegetative growth parameters significantly in comparison to control and the highest value for these traits obtained by inoculation of plants with *G. intraradices*. The effect of inoculation of plants by two species of mycorrhizal fungi on the content of elements such as nitrogen, phosphorous, potassium and calcium were significant ($P \leq 0.01$). Inoculation of plants by mycorrhizal fungi enhanced nutrient uptake significantly in comparison to control. In general inoculation by mycorrhizal fungi in addition to enhancing growth parameters can enhance the postharvest quality of lettuce plants via increasing the uptake of potassium and calcium.

Keywords: Plant height, Phosphorous, Chlorophyll, Biofertilizers, Nitrogen

* Corresponding Authors; Email: behsmaiel@yahoo.com