دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره بیست و هشت، ۱۳۹۶

تأثیر قارچ میکوریزاییِ *Glomus intraradices* بر غلظت عناصر غذایی در نهال‌های نارنج و بکرایی

یعقوب علی کرمی[۱]، محمد مهدی فقیهی[۲]، یعقوب حسینی[۱]، رمضان رضازاده[۳]، علی شهریاری[۳]

تاریخ دریافت: ۹٤/۰۵/۲۱ تاریخ پذیرش:۱۳۹٤/۰۹/۰۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزاییِ *Glomus intraradices* بر غلظت برخی از عناصر غذایی در مرکبات، آزمایشی گلدانی در گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور به اجرا در آمد. فاکتورها شامل فاکتور گونه‌ی مرکبات در دو سطح شامل نارنج (*Citrus aurantium*) و بکرایی (دورگ طبیعی مرکبات) و فاکتور محیط کشت در سه سطح (خاک غیرسترون بدون قارچ، خاک سترون بدون قارچ و خاک سترون به همراه قارچ) بود. برای تیمار گیاهان با قارچ میکوریزایی، بذور نارنج و بکرایی در گلدان‌های حاوی زاد مایه‌ی *G. intraradices* کاشته شد. صفات مورد بررسی شامل غلظت فسفر، آهن، روی، مس و منگنز در اندام هوایی بود. نتایج نشان داد که غلظت این عناصر در اندام هوایی نهال‌های نارنج تیمار شده با قارچ میکوریزایی نسبت به شرایط بدون قارچ بیشتر بود و اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد آماری نشان داد. در نهال‌های بکرایی تیمار شده با میکوریز نسبت به شرایط بدون میکوریز در خاک سترون، غلظت همه‌ی عناصر در اندام هوایی نهال‌ها بیشتر بود و درمورد همه‌ی عناصر (به جز آهن) اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد آماری مشاهده شد. در مجموع، نتایج نشان داد که قارچ میکوریزایی *G. intraradices* باعث افزایش غلظت عناصر غذاییِ فسفر، روی، منگنز، آهن و مس در اندام هوایی نهال‌های نارنج و بکرایی شد.

واژه‌های کلیدی: عناصر کم‌نیاز، فسفر، مرکبات، میکوریز

کرمی، ی.ع.، م. م. فقیهی، ی. حسینی و ر. رضازاده. ۱۳۹٦. تأثیر قارچ میکوریزاییِ *Glomus intraradices* برغلظت عناصر غذایی در نهال‌های نارنج و بکرایی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۸: ۱۷٦-۱٦۸.

۱- بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

۲- بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرعباس، ایران- مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: faghihi.mm@gmail.com

۳- بخش تحقیقات نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

مقدمه

سطح زیر کشت مرکبات استان هرمزگان ۳۲۵۰۰ هکتار (بارور و غیر بارور) و مقدار تولید آن ۳۸۵۲۳۹ تن محصول با عملکرد متوسط ۱۱/۸۵ تن در هکتار و مناطق عمده‌ی کشت شامل رودان، حاجی‌آباد، میناب و هشت بندی است (آمارنامه‌ی کشاورزی، ۱۳۹۰). خاک‌های این مناطق به دلیل پ‌هاش قلیایی (۸/٤ ـ ۷/۵) و ماده‌ی آلی اندک، از نظر عناصر غذایی قابل دسترس به خصوص فسفر و عناصر غذایی کم‌نیاز در حد مطلوبی قرار ندارند. برخی از ریزموجودات نظیر قارچ‌های تشکیل‌دهنده‌ی میکوریز وزیکولار آربوسکولار[1] قادرند با بسیاری از گیاهان رابطه‌ی همزیستی برقرار نمایند که این رابطه سبب افزایش رشد و نمو گیاه میزبان می‌گردد. در این همزیستی، قارچ کربن آلی و ترکیبات دیگر را جهت رشد و نمو خود از گیاه میزبان می‌گیرد و در مقابل عناصر غذایی و آب مورد نیاز گیاه را تأمین می‌کند. این ویژگی به‌خصوص در شرایط حاصلخیزی پایین خاک و تنش‌های محیطی، ارزش بالایی برای گیاه میزبان دارد. تحقیقات به عمل آمده نشان داده است که همزیستی قارچ با ریشه‌ی گیاه سبب افزایش جذب فسفر، آهن، روی، مس و منگنز در گیاه می‌گردد. میکوریز یک همزیستی بین ریشه‌ی گیاه و قارچ است که نقش مهمی در چرخه‌ی عناصر غذایی اکوسیستم و همچنین محافظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی به عهده دارد (اورتاس و وارما، ۲۰۰۷؛ اورتاس، ۲۰۰۸). اکثر خانواده‌های گیاهی دارای همزیستی میکوریزی هستند. قارچ‌های میکوریزایی در مورد برخی از میزبان‌ها به صورت ترجیحی عمل می‌کنند و توانایی بیشتری برای تکثیر روی میزبان‌های خاصی دارند؛ به همین دلیل، این قارچ‌ها از نظر اثرات فیزیولوژیکی و در نتیجه تأثیر بر رشد گیاه میزبان با یکدیگر اختلاف دارند (بولَن، ۱۹۹۱؛ بایکو و تیواری،۱۹۹۰؛ جانسون و همکاران، ۱۹۹۲). در ریزوسفر مرکبات، انواع مختلفی از ریزموجودات خاک مانند قارچ‌های میکوریزایی آربوسکولار[2] وجود دارند که می‌توانند با ریشه‌ی مرکبات همزیستی دوجانبه ایجاد نمایند (هارتمن و همکاران، ۲۰۰۹؛ وو و زو، ۲۰۱۱). به دلیل اینکه مرکبات ریشه‌های مویین کمتری تولید می‌کنند، رشد آن‌ها به شدت به قارچ‌های میکوریزایی آربوسکولار وابسته است (وو و ضیا، ۲۰۰٦). همزیستی این قارچ‌ها با گیاه میزبان از نوع همزیستی اجباری است. در نتیجه‌ی این همزیستی، قارچ‌های میکوریزایی نقش قابل توجهی در افزایش عملکرد گیاهان، به ویژه در خاک‌های با حاصلخیزی پایین ایفا می‌کنند. نقش میکوریز در افزایش عملکرد گیاهان زراعی ممکن است به دلیل اثر آن در افزایش جذب آب و مواد غذایی از خاک باشد (آزایه و همکاران، ۱۹۹۵؛ بایکو و تیواری، ۱۹۹۰؛ لی و همکاران، ۱۹۹۱؛ اورتاس، ۱۹۹٦). تحقیقات نشان داده است که میکوریز می‌تواند جایگزین ۳۰ تا ٦۰ درصد کود فسفره گردد؛ همچنین، در شرایط کمبود روی و مس جذب آن‌ها را افزایش می‌دهد و به طورکلی در شرایط کمبود عناصر غذایی توانایی جذب گیاه را بالا می‌برد (علی اصغرزاده، ۱۳۷٦). نخستین تأثیر قارچ‌های میکوریزایی افزایش جذب عناصر معدنی در گیاه می‌باشد، به خصوص آن-هایی که به شکل یون‌های کم‌تحرک و یا در غلظت کم در محلول خاک وجود دارند (ارکولین و رین هارت، ۲۰۱۱). آکاکار و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که تأثیر قارچ‌های میکوریزایی آربوسکولار در رشد و جذب عناصر غذایی چندین گونه گیلاس معنی‌دار شده است. مایه‌زنی هلو با میکوریز سبب افزایش رشد هلو شد و غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، آهن و روی را در اندام-های هوایی به طوری معنی‌دار افزایش داد (وو و همکاران ۲۰۱۱). در چندین گونه‌ی مرکبات که با قارچ‌های میکوریزایی مایه‌زنی شده بودند وزن خشک کل، غلظت نیتروژن، پتاسیم و منیزیم به شدت افزایش یافت (سامچیت و همکاران، ۲۰۰۹). بولَن (۱۹۹۱) در مقاله‌ی تفصیلی خود به نقل از هتریک بیان می-کند که قارچ‌های میکوریزایی ممکن است از طریق حل نمودن فرم‌های غیر آلی فسفر و یا از طریق معدنی کردن فسفر آلی، قابلیت دسترسی گیاه را به فسفر خاک بهبود بخشند. تعداد زیادی از آزمایش‌های مزرعه‌ای و گلدانی نشان داده‌اند که مایه‌زنی با قارچ‌های میکوریزایی آربوسکولار می‌تواند رشد و جذب عناصرغذایی در مرکبات، مقاومت به خشکی و شوری را افزایش و کیفیت میوه را بالا ببرد (وو و همکاران ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱). آزمایش‌های گراهام و اگل (۱۹۸۸) بیانگر این حقیقت است که با کاربرد میکوریز، وزن خشک ریشه و میزان غلظت فسفر در برگ درختان پرتقال افزایش می‌یابد. جوز و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که مقدار روی و مس به طور معنی‌داری در گیاهان مرکبات میکوریزی نسبت به غیر میکوریزی افزایش یافت.

با مایه‌زنی پایه‌ی ولکامریانا (*Citrus volkameriana*) با دو گونه‌ی میکوریز *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*، میزان فسفر در این گیاه تحت شرایط تنش خشکی افزایش یافت (حقیقت نیا و همکاران،۲۰۱۱). باقری و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که در پسته‌های میکوریزی، بدون توجه به مقدار رطوبت خاک، غلظت فسفر، پتاسیم، روی و منگنز نسبت به پسته‌های غیرمیکوریزی بالاتر بود در حالی که غلظت

1- Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM)
2- Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)

مس و آهن در آن‌ها تفاوتی نشان نداد. بریلا و دنی وی (۱۹۹۸) نشان دادند که در گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی آب سریع‌تر جذب می‌شود و همچنین پتانسیل آب خاک در این گیاهان سریع‌تر کاهش می‌یابد. فرانسون و همکاران (۱۹۹۱) نتیجه گرفتند که یکی از دلایل رشد بهتر گیاهان میکوریزی در خاک‌های خشک، توانایی این گیاهان در جذب آب موجود در خاک بعد از نقطه‌ی پژمردگی می‌باشد.

با توجه به مطالب گفته شده و با فرض اینکه میکوریز می‌تواند نقش موثری در افزایش جذب و غلظت عناصر غذایی در گیاه داشته باشد، در این تحقیق تأثیر قارچ میکوریزایی *G. intraradices* بر غلظت برخی از عناصر غذایی در اندام‌های هوایی دانهال‌های نارنج و بکرایی (که بیشتر به عنوان پایه برای سایر مرکبات استفاده می‌شوند) بررسی شد.

مواد و روش‌ها

روش کلی انجام آزمایش

این آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور در سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتور گونه در دو سطح شامل نارنج (*Citrus aurantium*) و بکرایی (دورگی از مرکبات) و فاکتور محیط کشت در سه سطح شامل خاک غیرسترون بدون قارچ، خاک سترون بدون قارچ و خاک سترون به همراه قارچ اعمال شد.

تهیه‌ی زاد مایه‌ی قارچ

زاد مایه‌ی قارچ *G. intraradices* به صورت مخلوط با ماسه از بخش بیولوژی خاک در موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب تهیه شد. این گونه، قبلاً از خاک‌های باغ‌های مرکبات استان هرمزگان جداسازی و شناسایی شده بود و به همین دلیل از آن استفاده شد.

تهیه‌ی نمونه‌ی خاک، بستر کشت و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

خاک مورد استفاده در این تحقیق از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری از مزرعه‌ای واقع در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میناب تهیه شد. نمونه‌ی خاک پس از هوا خشک شدن از الک دو میلی-متری عبور داده شد. در داخل هر گلدان پلاستیکی ضد عفونی شده با مشخصات قطر دهانه‌ی بالا ۲۶ سانتی‌متر، قطر قسمت پایین ۱۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۶ سانتی‌متر حدود هفت کیلوگرم خاک (با توجه به نوع فاکتور محیط کشت) ریخته شد. برای تهیه‌ی خاک سترون (در تیمارهای خاک سترون)، مقادیر لازم از خاک با اتوکلاو کردن در دمای ۱۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت یک ساعت سترون شدند. از خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده، بافت خاک به روش هیدرومتری و از خصوصیات شیمیایی خاک، هدایت الکتریکی و پ‌هاش با استفاده از روش گل اشباع، پتاسیم قابل جذب با استفاده از روش استات سدیم نرمال با پ‌هاش هفت، فسفر قابل جذب گیاه با استفاده از روش اولسن و کربن آلی خاک با استفاده از روش اکسیداسیون با دی‌کرومات پتاسیم اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	واکنش خاک (پ‌هاش)	کربن آلی (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	بافت خاک
۰/۷۸۳	۸/۳	۰/۱۸۸	۲/۵	۸۲	شن لومی

کشت گیاه و مایه‌زنی با زاد مایه‌ی قارچ میکوریزایی

بذور نارنج و بکرایی، قبل از کاشت با هیپوکلریت سدیم دو درصد از ماده‌ی تجاری به مدت سه دقیقه ضدعفونی و سپس چندین بار با آب مقطر سترون شسته شد. جهت مایه‌زنی از زاد مایه‌ی ماسه‌ی قارچ *G. intraradices* (حدود ۵۰ اسپور در گرم ماسه) استفاده شد. به همین منظور در تیمارهای میکوریزی، یک لایه‌ی دو سانتی‌متری از سطح بالای خاک گلدان برداشته شد و لایه‌ای از زاد مایه‌ی قارچ با وزن مشخص (۱۰۰ گرم به ازای هر گلدان) به خاک هر گلدان اضافه و سپس خاک برداشته شده دوباره به گلدان مربوطه برگردانده شد. برای جلوگیری از آلودگی گلدان‌های غیرمیکوریزی، عمل مایه‌زنی به صورت جداگانه در قسمت دیگری انجام شد. در هر گلدان ضدعفونی شده ده عدد بذر در عمق حدود دو تا سه سانتی‌متری کاشته شد و پس از سبز شدن آن‌ها، پنج دانهال در هر گلدان نگهداری و بقیه حذف شدند. گلدان‌ها در دمای ۳ ± ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد نگهداری و آبیاری نهال‌ها به طور یکسان انجام شد.

اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه

غلظت عناصر غذایی شامل فسفر (P)، آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu) و منگنز (Mn) در اندام‌های هوایی دانهال‌های یک ساله‌ی نارنج و بکرایی اندازه‌گیری شد. بدین منظور پس از یک سال از کاشت بذور، این گیاهان از محل طوقه قطع، غلظت فسفر در اندام‌های هوایی به روش آمونیوم کرومات و آمونیوم وانادات و خواندن با اسپکتروفتومتر و غلظت عناصر آهن، روی، مس و منگنز توسط دستگاه جذب اتمی (علی احیایی،۱۳۷۲) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمون در جدول یک آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، خاک منطقه پ‌هاش قلیایی دارد که ممکن است جذب برخی از عناصر را در گیاه با مشکل مواجه سازد؛ این موضوع خود می‌تواند دلیلی برای استفاده از قارچ میکوریزایی به منظور جذب بهتر و افزایش غلظت عناصر غذایی در گیاهانی باشد که در این خاک‌ها کشت می‌شوند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، ترکیب محیط کشت اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان عناصر معدنی اندازه‌گیری شده در اندام‌های هوایی داشت. همچنین بین دو گونه‌ی نارنج و بکرایی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. از طرفی به جز در میزان عنصر مس، در سایر عناصر بررسی شده، بین دو فاکتور ترکیب محیط کشت و گونه‌ی مرکبات اثر متقابل معنی‌داری وجود داشت. این بدان معناست که گونه‌های مرکبات مورد بررسی، واکنش متفاوتی به ترکیب محیط کشت به کار رفته نشان داده‌اند (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس داده‌ها در رابطه با صفات مورد بررسی در اندام‌های هوایی

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	فسفر	آهن	روی	منگنز	مس
محیط کشت (A)	۲	۰/۰۴۳٤**	۹۷۸/۲**	۵۵/۳**	۱۰۰۵۵۹/۷**	۵/۳۰**
گونه (B)	۱	۰/۰۰٦٤**	٤٥۳۳/۸**	۲۰۵/٤**	٦٦۰۹٦۹/۰**	۲/۷۸**
اثرمتقابل AB	۲	۰/۰۱۰۳**	۳۸۷/۵**	۱٤/۰**	۲۲۸۱٦/۱**	۰/۷٦^{ns}
خطا	۱۲	۰/۰۰۰۳	۵۰/٤	۱/٦	۱۷۰۰/٤	۰/۲٦
ضریب تغییرات C.V		۸/۰	٤/٦	۱۱/۸	۷/۷	۱۲/۵

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ^{ns} غیر معنی‌دار

مقایسه‌ی میانگین داده‌ها در رابطه با عنصر فسفر در سطح ۵٪ نشان داد که غلظت فسفر در اندام هوایی بکرایی که در محیط کشت سترون همراه با قارچ میکوریزایی (۰/۳۳۵ درصد) کشت شده بودند بیشترین و در اندام هوایی نارنج کشت شده در محیط کشت سترون بدون قارچ میکوریزایی (۰/۱٦۳ درصد) کمترین مقدار بود. در هر دو محیط کشت سترون با و بدون قارچ، غلظت فسفر در اندام هوایی بکرایی به طور معنی‌داری بیشتر از نارنج بود. برعکس در محیط کشت غیرسترون بدون قارچ، درصد فسفر در اندام هوایی نارنج به طور معنی‌داری بیشتر از بکرایی بود. به نظر می‌رسد افزودن قارچ میکوریزایی به طور معنی‌داری منجر به افزایش غلظت فسفر در نهال‌های نارنج و بکرایی شده باشد (جدول ۳). آزمایش‌های گراهام و اگل (۱۹۸۸) بیانگر این حقیقت است که با استفاده از میکوریز، میزان غلظت فسفر در اندام هوایی درختان پرتقال افزایش یافت. نتایج مطالعه‌ی آقابابایی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که میکوریز سبب افزایش چشم‌گیر غلظت فسفر در اندام هوایی گیاه بادام می‌شود ولی حضور میکوریز در ژنوتیپ‌های مختلف بادام قادر است اثرات متفاوتی در غلظت فسفر در اندام هوایی گیاه اعمال کند. مطالعات بولَن (۱۹۹۱) نشان داد که گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی به یک اندازه از فسفر متحرک خاک استفاده می کنند، اما گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریز بهره‌ی بیشتری از فسفر غیرمتحرک خاک می‌برند. همچنین، این مطالعات نشان داد که ویژگی‌های ریشه‌ی گیاه مانند سرعت رشد طولی ریشه، سرعت جذب عناصر توسط ریشه، طول کل ریشه و سطح جذب ریشه در جذب عناصر غذایی غیرمتحرک در خاک مانند فسفر، روی و مس مؤثر هستند.

مقایسه‌ی میانگین‌های غلظت عناصر کم‌نیاز مورد مطالعه در این تحقیق (جدول ۳) نشان داد که مایه‌زنی میکوریز آربوسکولار

G. intraradices موجب افزایش غلظت آهن در اندام‌های هوایی نارنج و بکرایی شد. اگرچه غلظت آهن در اندام هوایی بکرایی نسبت به نارنج بیشتر بود اما اختلاف غلظت آهن در بکرایی در دو حالت میکوریزی و غیرمیکوریزی معنی‌دار نبود. این در حالی است که مقایسه‌ی میانگین داده‌ها در رابطه با عنصر آهن با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ نشان داد که غلظت آهن در اندام هوایی نارنج که در محیط کشت سترون به همراه قارچ (۱۶۱/۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کشت شده بود بیشترین مقدار را داشت و نسبت به غلظت آهن در اندام هوایی نارنج کشت شده در محیط کشت سترون بدون قارچ (۱۳۸/۵۰۰ میلی-گرم در کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه‌ی میانگین‌های اثر متقابل محیط کشت (خاک) و گونه بر غلظت عناصر غذایی اندام‌های هوایی در نارنج و بکرایی

محیط کشت (خاک)	گونه	فسفر (%)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)
غیرسترون	نارنج	۰/۲۲۲^{c}	۱۳٤/۰۰۰^{c}	۷/۰۸۰^{c}	۳٥٤/۲۰۰^{c}	۳/۷٥۰^{b}
بدون قارچ	بکرایی	۰/۱۸۷^{d}	۱٦۳/٥۰۰^{ab}	۱٤/۳۳۰^{a}	۷۱٦/۷۰۰^{a}	٤/۸۳۰^{a}
سترون	نارنج	۰/۱٦۳^{e}	۱۳۸/٥۰۰^{c}	٦/۹۲۰^{c}	۳٥۰/۰۰۰^{c}	۳/۳۳۰^{b}
بدون قارچ	بکرایی	۰/۱۹۷^{d}	۱٦۷/۰۰۰^{ab}	۱۰/۱۷۰^{b}	٥۳۸/۸۰۰^{b}	۳/٤۲۰^{b}
سترون	نارنج	۰/۲٥۳^{b}	۱٦۱/۳۰۰^{b}	۱۰/۹۲۰^{b}	٤۹٦/۷۰۰^{b}	٤/٤۲۰^{a}
همراه با قارچ	بکرایی	۰/۳۳٥^{a}	۱۷۰/۷۰۰^{a}	۱٤/۷٥۰^{a}	۷٥۸/۳۰۰^{a}	٤/۹۲۰^{a}

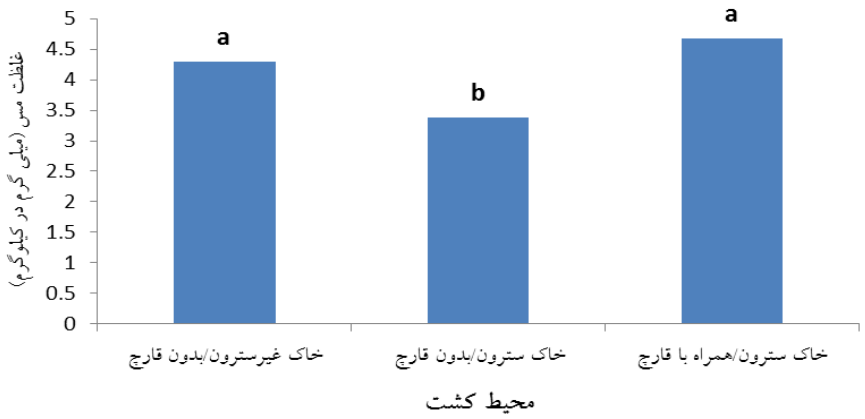
میانگین‌های موجود در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح ۵٪ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

حضور قارچ میکوریزایی سبب افزایش غلظتِ روی در اندام هوایی بکرایی و نارنج شد (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌ها در رابطه با عنصر روی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ نشان داد که غلظت روی در اندام هوایی بکرایی که در محیط کشت سترون همراه با قارچ (۱٤/۷٥۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کشت شده بود بیشترین و در اندام هوایی نارنج کشت شده در محیط کشت سترون بدون قارچ (٦/۹۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمترین مقدار بود. در هر سه محیط کشت، غلظت روی در اندام هوایی بکرایی به طور معنی‌داری بیشتر از نارنج بود (جدول ۳). نتایج آقابابایی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که حضور میکوریز می‌تواند غلظت روی را در اندام هوایی گیاه بادام ۲۵ تا ۳۵ درصد افزایش دهد. همزیستی میکوریزی می‌تواند با افزایش طول و سطح جذب ریشه‌ها، جذب عناصر غیرمتحرک از جمله روی را افزایش دهد (کوتاری و همکاران، ۱۹۹۱). مارشنر و دل (۱۹۹٤) نیز عنوان کردند که همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزایی آربوسکولار می‌تواند حدود ۲۵٪ از عنصر روی مورد نیاز گیاه میزبان را تأمین نماید.

میکوریزی شدن سبب افزایش غلظت منگنز در اندام هوایی هر دو گیاه نارنج و بکرایی گردید نتایج حاصل از مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت منگنز در اندام هوایی بکرایی که در محیط کشت سترون همراه با قارچ میکوریزایی (۷٥۸/۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کشت شده بود بیشترین و در اندام هوایی نارنج کشت شده در محیط کشت سترون بدون قارچ (۳٥۰/۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) کمترین مقدار بود. در هر سه محیط کشت، غلظت منگنز در اندام هوایی بکرایی به طور معنی‌داری بیشتر از نارنج بود. (جدول ۳). قارچ میکوریزایی در گیاه سویا موجب افزایش غلظت منگنز در برگ‌ها شد (پاکووسکی، ۱۹۸٦). با وجود این، کاهش غلظت منگنز در اندام هوایی گیاه ذرت توسط کوتاری و همکاران (۱۹۹۱) و در اندام هوایی بادام توسط آقابابایی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است.

براساس نتایج این مطالعه، مایه‌زنی *G. intraradices* غلظت مس را در اندام‌های هوایی گیاهان بکرایی و نارنج نسبت به گیاهان مایه‌زنی نشده افزایش داد ولی روند این افزایش در دانهال‌های بکرایی بیشتر از دانهال‌های نارنج بود (جدول ۳).

در بررسی اثر انفرادی ترکیب محیط کشت، بیشترین غلظت مس در گیاهان کشت شده در محیط کشت سترون همراه با قارچ میکوریزایی (٤/٦۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد که با غلظت آن در گیاهان کشت شده در محیط کشت غیرسترون بدون قارچ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. غلظت مس در گیاهان کشت شده در محیط کشت سترون بدون قارچ کمترین مقدار بود (۳/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) (شکل ۱). در مقایسه‌ی دو گونه‌ی مرکبات از نظر غلظت مس، مقدار این عنصر در پایه‌ی نارنج (۳/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) به طور معنی‌داری کمتر از پایه‌ی بکرایی (٤/۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود (شکل ۲).



شکل ۱- مقایسه‌ی اثر ترکیب محیط کشت بر غلظت مس در اندام هوایی گیاه

شکل ۲- مقایسه‌ی دو گونه‌ی مرکبات از نظر غلظت مس در اندام‌های هوایی آن‌ها

بررسی نتایج پژوهش‌های دیگر نشان داد که در گیاهان مختلف مایه‌زنی شده با قارچ میکوریزایی، نتایج متفاوتی در جذب مس به دست آمده است؛ برای مثال، بر اساس گزارش کوسی و جانزن (۱۹۸۷) در گیاه سویا، مایه‌زنی میکوریزی باعث افزایش جذب مس گردید، در حالی که در گیاه بادام جذب مس تحت تأثیر مایه‌زنی با قارچ میکوریزایی قرار نگرفت (آقابابایی و همکاران، ۱۳۹۰).

بر اساس نتایج این تحقیق (جدول ۲)، تأثیر قارچ میکوریزایی، گونه‌ی مرکبات و تأثیر متقابل گونه‌ی مرکبات و قارچ میکوریزایی باعث افزایش معنی‌دار غلظت اغلب عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گردید ($P<0.01$). مایه‌زنی قارچ میکوریزایی باعث افزایش غلظت فسفر در هر دو گونه شد، اما این تأثیر در بکرایی بیشتر بود.

مطالعات وو و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که قارچ‌های میکوریزایی *G. mosseae* و *G. versiforme* باعث افزایش غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، کلسیم، مس، روی و منگنز در برگ و ریشه‌ی گونه‌ی مرکبات *C. tangerine* شدند.

قارچ میکوریزایی *G. intraradices* که قبلاً در خاک‌های باغ‌های مرکبات استان هرمزگان جداسازی و شناسایی شده بود به خوبی توانست در ریشه‌ی بکرایی و نارنج تکثیر شود. این قارچ سازگاری لازم را برای تکثیر در خاک‌های منطقه دارا می‌باشد. در مطالعات آینده می‌توان از قارچ‌های میکوریزایی بومی منطقه پس از تکثیر در میزبان‌های مناسب به عنوان زادمایه

استفاده و تأثیر آن‌ها را روی جذب و غلظت عناصر غذایی و همچنین خصوصیات رویشی در انواع مرکبات بررسی نمود.

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج این تحقیق نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت *G. intraradices* بر افزایش غلظت عناصر غذایی فسفر، روی، منگنز، آهن و مس در نهال‌های نارنج و بکرایی می‌باشد. با توجه به نوع خاک منطقه علائم کمبود عناصر غذایی به ویژه عناصر کم‌نیاز مانند آهن، روی و منگنز به وفور در نهالستان‌ها و باغ‌های مرکبات جنوب کشور مشاهده می‌شود؛ بنابراین، پیشنهاد می‌گردد در تهیه‌ی نهال‌های مرکبات به ویژه نارنج و بکرایی که اغلب به عنوان پایه در تولید مرکبات به کار می‌روند از قارچ میکوریزایی استفاده گردد که خود منجر به کاهش استفاده از کودهای شیمیایی خواهد شد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از جناب آقای مهندس حامد حسن‌زاده، عضو محترم هیئت علمی بخش تحقیقات نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان، به دلیل نظرات سازنده ایشان در نگارش مقاله تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

بی نام. آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۰. وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. جلد دوم. محصولات باغی. ٤۲۵ صفحه.

آقابابایی، ف.، ف. رییسی و ح. نادیان. ۱۳۹۰. اثر همزیستی میکوریزایی بر جذب عناصر غذایی توسط برخی ژنوتیپ‌های تجاری گیاه بادام در یک خاک لوم شنی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) جلد ۲۵ شماره ۲: ۱٤۷-۱۳۷.

علی احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه خاک. جلد اول. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۸۹۳ ، تهران، ایران.

علی اصغرزاده، ن. ۱۳۷٦. میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک. انتشارات دانشگاه تبریز. ٤۲۵ صفحه.

Aka-Kacar, Y., C. Akpinar., A. Agar., Y. Yalcin–Mendi., S. Serce and I. Ortas. 2010. The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstock during acclimatization. Rom. Biotechnol. Lett. 15:5246-5252.

Azaiaeh, H.A., H. Marschner, V. Romheld and L. Wittenmayer. 1995. Effects of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus and other soil microorganisms on growth, mineral nutrient acquisition and root exudation of soil grown maize plants. Mycorrhiza 5:321-327.

Bagheri, V., M.H. Shamshiri, H. Shirini and H.R. Roosta, 2012. Nutrient uptake and distribution in Mycorrhizal Pistachio seedlings under drought stress. J. Agr. Sci. Tech. 14:1591-1604.

Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant Soil 134:189-207.

Boyetchko, S.M., and J.P. tewari. 1990. Root colonization of different hosts by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimprphicum*. Plant Soil 129:131- 136.

Bryla, D.R., and J.M. Duniway. 1998. The influences of the mycorrhiza Glomus etunicatum on drought acclimation in safflower and wheat. Physiol. *Plant* 104:87-96.

Ercolin, F. and D. Reinhardt. 2011. Successful joint ventures of plant: Arbuscular mycorrhiza and beyond. Trends Plant Sci. 16:356-362.

Franson. R.L., S.B. Milford and G. J. Bethlenfalvay. 1991. The Glycine-Glomus-Bradyrhizobium symbiosis. XI. Nodule gas exchange and efficiency as a function of soil and root water status in mycorrhizal soybean. Physiol. Plant 83:476-482.

Graham, J.H., and D.S. Egel. 1988. Phytophthora root rot development on mycorrhizal and phosphorus fertilized non-mycorrhizal sweet orange seedlings. Plant Dis.72:611- 614.

Haghighatnia, H., H.A. Nadian and F. Rejali. 2011. Effect of mycorrhizal colonization on growth, nutrient uptake and some other characteristics of *Citrus volkamerina* rootstock under drought stress. World Appl. Sci. J. 13:1077-1084.

Johnson, N.C., P. J. Copeland, R.K. Crookston, and F.L. Pfleger, 1992. Mycorrhiza: possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. Agron. J. 84: 387-390.

Sena, J.O.A., C.A. Labate and E.J.B.N. Cardoso. 2002. Micronutrient accumulation in mycorrhizal citrus under different phosphorus regimes. Acta Scient. 24:1265-1268.

Kothari S.K., H. Marschner and V. Romheld. 1991. Contribution of the VA- mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Plant Soil 131:177-185.

Kucey, R. M. N., and H. H. Janzen. 1987. Effects of VAM and reduced nutrient availability on growth and phosphorus and micronutrient uptake of wheat and field beans under greenhouse conditions. Plant Soil 104:71-78.

Li-Lin, X., E. George and H. Marschner. 1991. Extention of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. Plant Soil 136:41-48.

Marschner H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil 159:89-102.

Ortas, I. 1996. The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth and phosphorus uptake. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27 (18- 20): 2935-2946.

Ortas, I. 2008. Field trials on mycorrhizal inoculation in the eastern Mediterranean Horticultural region. In: F. Feldman., Kapulnik and j. Barr(eds). Mycorrhiza works Hannorer, Germany.

Pacovsky R.S. 1986. Micronutrient uptake and distribution in mycorrhizal or phosphorus fertilized soybeans. Plant Soil 95:379-388.

Wu, Q.S., G.H. Li and Y.N. Zou. 2011. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient acquisitions of peach (*Prunus persica* L. Batsch) seedlings. J. Anim. Plant Sci. 21:746-750.

Wu, Q.S and R.X. Xia. 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.

Wu, Q.S., and Y.N. Zou. 2011. *Citrus* mycorrhizal responses to abiotic stresses and polyamines. In: Hemantaranjan, A.(ed), Advances in plant Physiology: Vol. 12, pp: 31-56. Scientific publishers, Jodhpur, India

Wu, Q.S., Y.N. Zou and X.H. He. 2010. Contributions of arbuscular mycorrhizal fungi to growth, photosynthesis, root morphology and ionic balance of citrus seedlings under salt stress. Acta Physiol. Plant 32:297-304.

Wu, Q.S., Y.N. Zou and G.Y. Wang. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi and acclimatization of micropropagated citrus. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 42:1825-1832.

Youpensuk, S., S. Lordkaew and B. Rerkasem. 2009. Genotypic variation in responses of *Citrus* spp. to arbuscular mycorrhizal fungi. J. Agricul. Sci, 1(1) p59.

Effect of mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on concentration of nutrient elements in Bakraee and Sour orange seedlings

Y.A. Karami[1], M. M. Faghihi[2], Y. Hooseini[1], R. Rezazadeh[3], A. Shahriari[3]

Received: 2015-2-7 Accepted: 2015-11-23

Abstract

This research was carried out to investigate the effect of mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on concentration of some mineral nutrients in seedlings of Bakraee and sour orange. The experiment involved a factorial combination of two species Bakraee (natural hybrid of citrus) and sour orange (*Citrus aurantium*) and three culture media (non-sterile soil without fungi, sterile soil without fungi, and sterile soil with mycorrhizal fungi) in a completely randomized design. Seeds of Bakraee and sour orange were sown in pots containing different culture media. The studied attributes were concentration of phosphorous (P), iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu), and manganese (Mn) in shoots. There was significant difference ($P<0.05$) in concentration of these nutrient elements in shoot of mycorrhizal treated sour oranges compared to non-mycorrhizal ones. The concentration of nutrient elements was more in shoot of Bakraee inoculated with mycorrhizal fungus, and significant difference ($P<0.05$) was observed (except for iron) compared to non-inoculated sterile soil. In conclusion, the results showed that *G. intraradices* increased the concentration of phosphorous, iron, zinc, manganese and copper in shoots of Bakraee and sour orange seedlings.

Keywords: *Citrus*, micronutrients, mychorrhiza, phosphorus

1- Soil and Water Research, Hormozgan Agricultural Research and Education Center , Bandarabas, Iran
2- Plant Pathology Research, Hormozgan Agricultural Research and Education Center , Bandarabas, Iran
3- Sedd and Plant Research, Hormozgan Agricultural Research and Education Center , Bandarabas, Iran