جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ٤٨٦-٤٧١ (۱۳۹۰)

تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار مایکوریزا (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت شرایط تنش خشکی

زهرا اصلانی[۱]، عباس حسنی[۲*]، میرحسن رسولی صدقیانی[۳]، فاطمه سفیدکن[٤] و محسن برین[٥]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، پست الکترونیک: horthasani@yahoo.com
۳- استادیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
٤- استاد، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران
٥- مربی، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۸۹ تاریخ اصلاح نهایی: مرداد ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۸۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر همزیستی قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا (AM) و تنش خشکی بر رشد، عملکرد، محتوی کلروفیل و میزان جذب فسفر در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، یک آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد آزمایش شامل سه رژیم آبیاری (آبیاری در فواصل ٤، ۸ و ۱۲ روز یک‌بار) و کاربرد دو گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae* T.H. Nicolson & Gerd. و *Glomus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm) و عدم کاربرد قارچ (شاهد) بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشته‌است. به‌طوری که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد و سطح برگ، تعداد شاخه‌ی جانبی، وزن خشک ریشه، عملکرد ماده تر و خشک، میزان کلروفیل، غلظت فسفر و درصد کلونیزاسیون ریشه کاهش یافت. به‌علاوه اثر کاربرد قارچ‌های AM بر پارامترهای رشدی و میزان جذب فسفر معنی‌دار بود. گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های AM در مقایسه با گیاهان مایه‌کوبی نشده از رشد، عملکرد و میزان فسفر بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند. تأثیر قارچ *G. mosseae* در کاهش اثر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در شرایط کم‌آبی قارچ‌های AM با افزایش جذب عنصر فسفر، رشد و عملکرد گیاه ریحان را بهبود می‌بخشند.

واژه‌های کلیدی: ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، تنش خشکی، قارچ‌های مایکوریزا، عملکرد، فسفر، درصد کلونیزاسیون.

مقدمه

امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده‌است. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است (Sharma, 2002). قارچ‌های مایکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی (مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر ریزمغذی)، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده (عوامل بیماری‌زا) و غیرزنده (خشکی، شوری و ...) سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sylvia & Williams, 1992؛ Sainz *et al*., 1998).

خشکی شایعترین تنش محیطی غیرزنده و مهمترین عامل محدودکننده‌ی تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک سرتاسر جهان است (Kramer & Boyer, 1995). مطالعات نشان می‌دهند که قارچ‌های مایکوریزا به رشد گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به‌وسیله کاهش تنش و افزایش جذب عناصر غذایی کمک می‌کنند (Ruiz-lozano & Azcon, 1996). مهمترین و معتبرترین تأثیر رابطه همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا، افزایش جذب عناصر معدنی به‌ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد. این تأثیر به‌خصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته‌است مشهودتر می‌باشد (شیرانی و همکاران، ۱۳۷۹). هیف‌های قارچ مایکوریزا می‌توانند به منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند وارد شده و باعث افزایش میزان جذب آب گردند (Tisdall, 1991).

تحقیقات اندکی در مورد نقش همزیستی قارچ‌های مایکوریزا بر افزایش رشد و عملکرد گیاهان دارویی به‌ویژه تحت شرایط تنش‌زا انجام شده‌است. در طی یک بررسی تأثیر قارچ *Glomus deserticola* بر روابط آبی و رشد رویشی گیاه رزماری در شرایط خشکی مطالعه شده و نتایج بدست آمده نشان داد که در گیاهان همزیست با قارچ مایکوریزا، بیوماس ریشه و قسمت هوایی در مقایسه با گیاهان شاهد بیشتر می‌باشد و کاهش پتانسیل آب خاک موجب کاهش پتانسیل آب برگ و ساقه در هر دو تیمار شد که البته این کاهش در گیاهان مایکوریزی کمتر بود. همچنین در این بررسی اثر مثبت قارچ مایکوریزا بر هدایت هیدرولیکی ریشه و هدایت روزنه‌ای و محتوای کلروفیل مشاهده گردید (Sanches-blan *et al*., 2004). بنابر گزارش Gupta و همکاران (۲۰۰۲) تلقیح گیاه نعناع با قارچ مایکوریزا به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را افزایش داد. در مطالعه دیگری ملاحظه گردید که تلقیح ریشه‌های شوید و زنیان با دو گونه قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی آنها می‌گردد (Kapoor *et al*., 2002). نتایج تحقیقی بر روی گیاه گشنیز نشان داد که قارچ میکوریزا، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، درصد اسانس و نهایتاً عملکرد اسانس در گیاه گشنیز می‌گردد (Kapoor *et al*., 2001). در یک بررسی دیگر نشان داده شده که مخلوط قارچ‌های *G. mosseae* و *G. fasiculatum* میزان رشد و بیوماس را در گیاهان میزبان پیاز، گشنیز و ریحان افزایش می‌دهد (Basu & Srivastava, 1998). تنش ناشی از کمبود آب باعث کاهش ارتفاع، تعداد و سطح برگ، وزن خشک، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش میزان کلروفیل و کاهش رشد ریشه گیاه ریحان می‌گردد (حسنی و امیدبیگی، ۱۳۸۱).

ریحان (*Osimum basilicum* L.) گیاهی علفی، یکساله و متعلق به خانواده نعناع (Lamiacae) است. ریحان در بیشتر داروننامه‌ها به‌عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده‌است.

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

مواد مؤثره پیکر رویشی این گیاه اشتهاآور بوده و برای کمک به هضم غذا استفاده می‌شود. اسانس آن خاصیت ضدقارچی و باکتریایی دارد و در صنایع غذایی، آرایشی، بهداشتی و عطرسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (امیدبیگی، ۱۳۷۹). بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی اثرهای همزیستی دو گونه قارچ متعلق به جنس *Glomus* بر برخی از عامل‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه ریحان تحت رژیم‌های مختلف رطوبتی خاک بوده‌است.

مواد و روشها

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کاربرد دو گونه قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* تحت شرایط تنش خشکی بر روی برخی عامل‌های رشدی و فیزیولوژیکی گیاه ریحان، به‌صورت یک آزمایش گلدانی در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای اعمال شده شامل سه سطح تنش خشکی (انجام آبیاری هر ٤ روز یک‌بار (شرایط بدون تنش)، انجام آبیاری هر ۸ روز یک‌بار (تنش خشکی ملایم) و انجام آبیاری هر ۱۲ روز یک‌بار (تنش خشکی شدید)) و سه سطح مایه‌کوبی قارچ (کاربرد دو گونه قارچ مایکوریزا (*G. mosseae* و *G. intraradices*) و عدم کاربرد قارچ (شاهد)) بودند. هر واحد آزمایشی متشکل از چهار گلدان بود، بنابراین در هر بلوک ۳٦ گلدان و در مجموع ١٤٤ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا خاک مورد استفاده (با بافت شنی رسی و فقیر از لحاظ مواد غذایی) در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱/۵ ساعت سترون شده و گلدانها نیز پس از شستشو با آب معمولی، به‌وسیله الکل ضدعفونی سطحی شدند. جهت آماده کردن خاک هر گلدان ابتدا محلول غذایی (۱۵۰ گرم سولفات پتاسیم، ۳۵ گرم فسفات پتاسیم و ۱۵۰ گرم اوره) تهیه شده و از این محلول حدود ۱۳ میلی‌لیتر به ٤۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه گردیده و به خاک هر گلدان به‌طور جداگانه اضافه گردید تا به حد ظرفیت زراعی برسد. گلدانهای مورد استفاده از نوع پلاستیکی، با قطر دهانه ۲۳ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بودند. پس از آماده‌سازی خاک گلدانها (در داخل هر گلدان ۹ کیلوگرم خاک) ٤۰ گرم از مایه تلقیح قارچ در داخل حفره‌های کاشت بذر در هر گلدان اضافه گردید و بعد بذرها کشت گردیدند. پس از سبز شدن بذرها، تنک‌کردن گیاهچه‌ها در چند مرحله انجام گردید و در نهایت در داخل هر گلدان ۷ بوته نگهداری شد. ۱/۵ ماه بعد از کشت (مرحله‌ی ٤ تا ٦ برگی شدن) دورهای مختلف آبیاری (٤، ۸ و ۱۲ روز یک‌بار) بر روی گلدانها اعمال گردید.

برای اندازه‌گیری عامل‌های رشدی، در مرحله گلدهی کامل از هر واحد آزمایشی یک گلدان به‌طور تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ و سطح برگ اقدام به توزین جداگانه برگ‌ها، ساقه‌ها و ریشه‌ها نموده و بعد اندام‌های مذکور در داخل آون (دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک آنها به‌طور جداگانه محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، ۰/۲۵ گرم برگ تازه (برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته) را در آغاز مرحله‌ی گلدهی خرد کرده و آن را در یک هاون چینی با پنج میلی‌لیتر آب مقطر در محیط خنک و در نور کم ساییده تا به‌صورت توده‌ی یکنواختی درآید. مخلوط حاصل به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط بدست آمده

با ٤/٥ میلی‌لیتر استون ٨٠ ٪ مخلوط شده و سانتریفوژ گردید (٣٠٠٠ دور به مدت ١٠ دقیقه). پس از سانتریفوژ کردن، محلول رویی را برداشته و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان جذب آن در طول موج‌های ٦٤٥ و ٦٦٣ نانومتر خوانده شد (اوسطی، ١٣٦٩) و در نهایت غلظت کلروفیل‌های a، b و کل با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Gross, 1991):

کلروفیل کل (گرم در لیتر) = (٠/٠٢٠٢ × $OD_{٦٤٥}$) + (٠/٠٠٨٠٢ × $OD_{٦٦٣}$)

کلروفیل a (گرم در لیتر) = (٠/٠١٢٧ × $OD_{٦٦٣}$) − (٠/٠٠٢٦٩ × $OD_{٦٤٥}$)

کلروفیل b (گرم در لیتر) = (٠/٠٢٢٩ × $OD_{٦٤٥}$) − (٠/٠٠٤٦٨ × $OD_{٦٦٣}$)

که در این رابطه‌ها $OD_{٦٦٣}$ و $OD_{٦٤٥}$ به‌ترتیب میزان جذب در طول موج‌های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر می‌باشند.

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر برگ‌ها، نمونه‌های برگی از بوته‌های همان گلدانی که جهت اندازه‌گیری عامل‌های رشدی انتخاب شده بودند تهیه گردیده و پس از خشک شدن در آون، به‌وسیله‌ی آسیاب پودر شده و با هضم به روش سوزاندن خشک، عصاره آنها تهیه گردید و در نهایت میزان فسفر برگ‌ها با استفاده از روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (در طول موج ٤٧٠ نانومتر) اندازه‌گیری شد (امامی، ١٣٧٥).

برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها، بعد از رنگ‌آمیزی قطعات ریشه‌ای، از روش تلاقی خطوط شبکه (Phillips & Hayman, 1970) استفاده گردید.

نتایج بدست آمده توسط نرم‌افزار MSTATC تجزیه و تحلیل گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن (در سطح احتمال ٥٪) استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ١) نشان می‌دهد که کاربرد قارچ AM تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ١٪) بر کلیه عامل‌های رشدی اندازه‌گیری شده داشته‌است. تأثیر دور آبیاری بجز در مورد تعداد برگ که در سطح احتمال ٥٪ معنی‌دار بود، بر سایر صفات رویشی اندازگیری شده در سطح احتمال ١٪ معنی‌دار بوده‌است. اثر متقابل دور آبیاری و قارچ AM فقط بر عملکرد ماده تر در گلدان (در سطح احتمال ٥٪) و تعداد شاخه‌های جانبی (در سطح احتمال ١٪) معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر دور آبیاری بر عامل‌های رشدی (جدول ٣) نشان می‌دهد که با طولانی شدن دور آبیاری (افزایش شدت تنش خشکی) مقادیر عامل‌های یادشده کاهش یافته‌است. به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان رشد و عملکرد گیاه به‌ترتیب در دورهای آبیاری ٤ و ١٢ روز یک‌بار ملاحظه گردید و از این نظر اختلاف بین دورهای آبیاری ٤ و ١٢ روز معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین‌های مربوط به کاربرد قارچ‌های AM بر عامل‌های رشدی (جدول ٤) نشان می‌دهد که مایه‌کوبی گیاهان با قارچ‌های AM باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شده‌است. به‌طوری که بیشترین و کمترین مقادیر صفات یادشده به‌ترتیب در تیمارهای همزیست شده با قارچ *G. mosseae* و تیمار شاهد (بدون مایه‌کوبی قارچ) مشاهده گردید (شکل ١). همچنین نتایج بیانگر آن است

که تأثیر قارچ *G. mosseae* در افزایش رشد و عملکرد گیاه بیشتر از قارچ *G. intraradices* می‌باشد، به‌طوری که افزایش عملکرد ماده خشک نسبت به شاهد، در تیمار مایه‌کوبی شده با قارچ *G. mosseae*، ۹٦/۱۳٪ و در تیمار مایه‌کوبی شده با *G. intraradices*، ۳۷/۲۹٪ بوده‌است.

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل دور آبیاری و قارچ AM بر تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد ماده تر (جدول ٥) نشان می‌دهد که با تشدید شرایط کم‌آبی مقادیر این صفات کاهش یافته‌است و کاربرد قارچ‌های AM باعث افزایش صفات یادشده گردیده‌است، که این افزایش به‌ویژه در شرایط تنش خشکی ملایم (دور آبیاری ۸ روز یک‌بار) و در مورد قارچ *G. mosseae* بیشتر بوده‌است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که تأثیر کاربرد قارچ AM بر مقادیر کلروفیل معنی‌دار نبوده‌است، در حالی که دور آبیاری تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) بر مقادیر کلروفیل کل، a و b داشته‌است. با کاهش رطوبت خاک مقادیر کلروفیل برگ کاهش یافت، به‌طوری که اختلاف بین مقادیر کلروفیل در تیمارهای ٤ و ۱۲ روز یک‌بار معنی‌دار بود (جدول ۳).

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، کاربرد قارچ AM، دور آبیاری و اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) بر میزان فسفر برگ‌ها داشته‌است. با تشدید شرایط کم‌آبی میزان فسفر برگ‌ها کاهش یافت، به‌طوری که اختلاف معنی‌داری بین دورهای آبیاری ٤ و ۱۲ روز مشاهده گردید. اما اختلاف بین دورهای آبیاری ۸ و ۱۲ روز یک‌بار معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین کاربرد قارچ AM باعث افزایش میزان فسفر برگ‌ها گردید، به‌طوری که بیشترین و کمترین میزان فسفر برگ‌ها به‌ترتیب در تیمارهای همزیست شده با قارچ *G. mosseae* و تیمار شاهد مشاهده گردیدند.

به‌رغم افزایش میزان فسفر در تیمار مایه‌کوبی‌شده با قارچ *G. intraradices*، اختلاف آن با تیمار شاهد معنی‌دار نبود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل دور آبیاری و قارچ AM (جدول ٥) نشان می‌دهد که با طولانی شدن دور آبیاری میزان فسفر برگ‌ها کاهش یافته‌است. در حالی‌که کاربرد قارچ AM باعث افزایش میزان فسفر برگ‌ها شده‌است، که این افزایش به‌ویژه در شرایط بدون تنش (دور آبیاری ٤ روز یک‌بار) و در مورد قارچ *G. mosseae* بیشتر بوده‌است.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که تأثیر کاربرد قارچ AM (در سطح احتمال ۱٪) و دور آبیاری (در سطح احتمال ٥٪) بر درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها معنی‌دار بوده‌است. درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ *G. mosseae* بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود (جدول ٤)، از سوی دیگر با کاهش رطوبت خاک درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها نیز کاهش یافت (جدول ۳). شکل ۲ وضعیت همزیستی قارچ‌های AM را با ریشه‌ی گیاه ریحان نشان می‌دهد.

ضریب‌های همبستگی بین مقدار فسفر برگ‌ها و شاخص‌های مورد ارزیابی (جدول ٦) نشان می‌دهد که مقدار فسفر برگ‌ها در قارچ *G. mosseae* با تمام عامل‌های مورد اندازه‌گیری و در قارچ *G. intraradices* فقط با سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی همبستگی معنی‌داری داشته‌است. همچنین ضریب‌های همبستگی بین درصد کلونیزاسیون و شاخص‌های مورد ارزیابی (جدول ۷) نشان می‌دهد که تنها در قارچ*G. mosseae*، درصد کلونیزاسیون با وزن خشک اندام‌های هوایی (r= ۰/٦۸۳)، سطح برگ (r= ۰/٥۸٦) و مقدار فسفر برگ‌ها (r= ۰/٦۲۱) همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس عامل‌های رشدی اندازه‌گیری شده تحت تأثیر قارچ‌های AM و دورهای آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد برگ	سطح برگ	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک ریشه	عملکرد ماده تر در گلدان	عملکرد ماده خشک در گلدان
مایکوریزا	۲	۱۰۰۵/۰۲۸ **	۰/۰۰٦ **	۲۰۳۱/۸٦۱ **	۹۰۸۵۲/٦۲۵ **	۲٤۲/۰۲۸ **	۰/۰۰۲ **	٦۰٦٦/۸٤۲ **	۱۷۱/٦۹۲ **
آبیاری	۲	۲۹۷/٦۹٤ **	۰/۰۲۸ **	۱۸۷/٤٤٤ *	٤٦٤۲۵/۳۱۹ **	٥٦/٤٤٤ **	۰/۰۰٤ **	۲٥٦۷/۰٦۷ **	۹۷/۱۳۳ **
مایکوریزا × آبیاری	٤	۳۰/۹۰۳ ns	۰/۰۰۲ ns	٦۱/٤۰۳ ns	۱۳٦۱/٥۲۹ ns	۸/٥۲۸ **	۰/۰۰۱ ns	٤٤٤/۲۰۳ *	۸/۲۱۹ ns
اشتباه آزمایشی	۲۷	۲۸/٦۹۳	۰/۰۰۲	٤۱/۱۳۹	۰/۲۱٥	۰/٦٤۸	۰/۰۰۱	۱۳۲/۷۳۸	۳/۱۷۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۹٥	۱۲/۰۳	۱٥/٥٥	۹/۸۳	۱۲/۱۸	۲۹/۷۳	۱٦/۷۲	۱٥/۸۱

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به مقادیر کلروفیل، فسفر و درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها تحت تأثیر قارچ‌های AM و دورهای آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	فسفر	درصد کلونیزاسیون
مایکوریزا	۲	۰/۰۸ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۱٦۳ ns	۰/۰۱۳ **	۱٥٦۲٤/۷٥ **
آبیاری	۲	۲/۰۹۳ **	۰/۰٥۱۲ **	۰/۳۷٤ **	۰/۰۱۹ **	۲۲٥/۷٥ *
مایکوریزا × آبیاری	٤	۰/۰۳٥ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۰۱۸ ns	۰/۰۰۷ **	۸۱/۳۷٥ ns
اشتباه آزمایشی	۲۷	۰/۰۱۸۹	۰/۰۷٦	۰/۰٥۲	۰/۰۰۱	٦٦/۰۸۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۷/۷۱	۱۹/۱٤	۲۱/۹۳	۲۲/۲۹	۱۹/۹٥

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر دور آبیاری بر عامل‌های رشدی، مقادیر کلروفیل و فسفر برگ‌ها و درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها

دورآبیاری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک ریشه (گرم)	عملکرد ماده تر در گلدان (گرم)	عملکرد ماده خشک در گلدان (گرم)
٤ روز یک‌بار	٥٣/٠٠ a	٣/٧ a	٤٥/٣٣ a	٣٤٤/٦ a	٨/٨٣ a	٠/٠٧٨٢ a	٨٢ a	١٣/٨١ a
٨ روز یک‌بار	٥٠/٢٥ a	٣/٣٢ b	٤١/٠٠ ab	٢٧٦/٨ b	٦/٥ b	٠/٠٦٣ b	٧١/٥٨ b	١١/٨١ b
١٢ روز یک‌بار	٤٣/٣٣ b	٢/٧٤ c	٣٦/٥٨ b	٢٢٠/٤ c	٤/٥ c	٠/٠٤٤ c	٥٣/١٢ c	٨/١٩٦ c

ادامه‌ی جدول ۳

دور آبیاری	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تازه)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تازه)	غلظت فسفر (درصد)	درصد کلونیزاسیون
٤ روز یک‌بار	٢/٦٨٢ a	١/٥٥٤ a	١/١٨٥ a	٠/١٨٧ a	٤٥ a
٨ روز یک‌بار	٢/١٨ b	١/٣٩٢ b	٠/٩٩٣ a	٠/١٣١ b	٤٣ a
١٢ روز یک‌بار	١/٨٥٢ c	١/١٤٤ c	٠/٨٣٢ b	٠/١٠٨ b	٣٥/٧٥ b

حروف مشابه در مقابل میانگین‌ها در هر ستون نشان‌دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ بین آنهاست (آزمون دانکن).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر قارچ‌های AM بر عامل‌های رشدی، میزان فسفر برگ‌ها و درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها

مایکوریزا	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد برگ	سطح برگ (سانتی‌مترمربع)	تعداد شاخه جانبی	وزن خشک ریشه (گرم)	عملکرد ماده تر در گلدان (گرم)	عملکرد ماده خشک در گلدان (گرم)	غلظت فسفر (درصد)	درصد کلونیزاسیون
شاهد (بدون مایه‌کوبی قارچ)	۳۹/۳۳ c	۳/۰۱ b	۳۰/۱۷ c	۲۰۹/۳ c	۳/۰۸۳ c	۰/۰٤٥٧ b	٤٧/٦١ c	۷/۸۰۱ c	۰/۱۱۳٥ b	۰ c
G. intraradices	٤٩/٦٧ b	۳/۳۲ ab	۳۷/۳۳ b	۲٥٥/۰ b	٥/۰۸۳ b	۰/۰٦٦٥ a	٦٦/٦۸ b	۱۰/۷۱ b	۰/۱۳٥٥ b	٥۳/٥ b
G. mosseae	٥۷/٥۸ a	۳/٤٤ a	٥٥/٤۲ a	۳۷۷/٦ a	۱۱/٦۷ a	۰/۰۷۳ a	۹۲/٤۲ a	۱٥/۳۰ a	۰/۱۷۷٥ a	۷۱ a

حروف مشابه در مقابل میانگین‌ها در هر ستون نشان‌دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ بین آنهاست (آزمون دانکن).

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل دور آبیاری و کاربرد قارچ‌های AM بر صفات اندازه‌گیری شده

تیمار	تعداد شاخه جانبی	عملکرد ماده تر در گلدان (گرم)	غلظت فسفر (درصد)
شاهد ×× آبیاری ٤ روز یک‌بار	٤/۲٥ d	٥۹/۰٦ cd	۰/۱۱٥۰ c
G. intraradices × آبیاری ٤ روز یک‌بار	۷/۷٥ c	۸۲/۹۱ b	۰/۱۷٦٥ b
G. mosseae × آبیاری ٤ روز یک‌بار	۱٤/۷٥ a	۱۰٤ a	۰/۲۷ a
شاهد × آبیاری ۸ روز یک‌بار	۲/۷٥ e	٤۲/۸۸ d	۰/۱۱۳ c
G. intraradices × آبیاری ۸ روز یک‌بار	٤/۲٥ d	٦٤/٥۲ bc	۰/۱٤ bc
G. mosseae × آبیاری ۸ روز یک‌بار	۱۲/٥ b	۱۰۷/۳ a	۰/۱٤ bc
شاهد × آبیاری ۱۲ روز یک‌بار	۲/۲٥ e	٤۰/۸۹ d	۰/۱۱۲٥ c
G. intraradices × آبیاری ۱۲ روز یک‌بار	۳/٥ de	٥۲/٦۲ cd	۰/۰۹ c
G. mosseae × آبیاری ۱۲ روز یک‌بار	۷/۷٥ c	٦٥/۸٦ bc	۰/۱۲۲٥ c

حروف مشابه در مقابل میانگین‌ها در هر ستون نشان‌دهنده‌ی عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٥٪ بین آنهاست (آزمون دانکن).

جدول ٦- ضریب‌های همبستگی (Pearson) بین مقدار فسفر برگ‌ها با شاخص‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای مایکوریزی

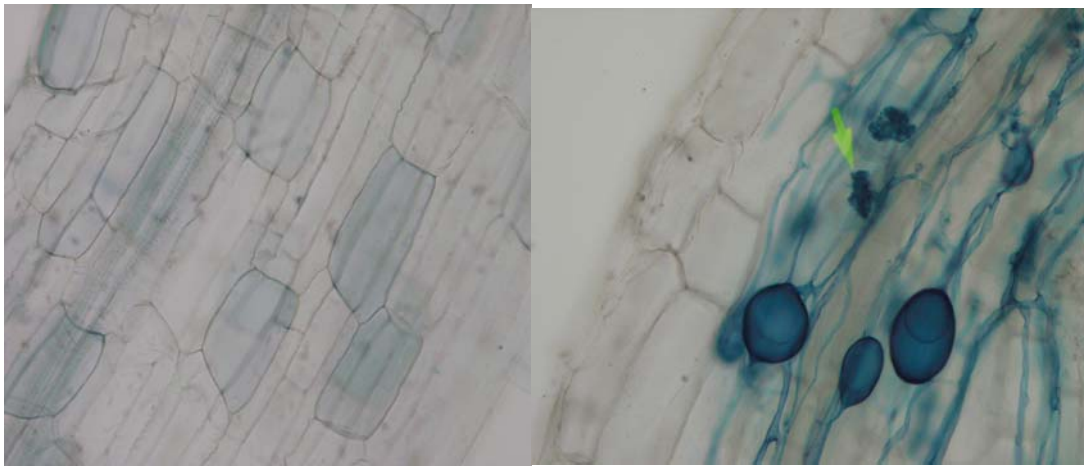
مایکوریزا	درصد کلونیزاسیون	کلروفیل کل	سطح برگ	عملکرد ماده خشک در گلدان
شاهد (بدون مایه‌کوبی قارچ)	۰	-۰/۳٦٦	۰/۳۹۸	۰/۷۷۹ **
G. intraradices	۰/۲۳۷	۰/۵۰٦	۰/۸٤۹ **	۰/۸۷٤ **
G. mosseae	۰/٦۲۱ *	۰/۵۷ *	۰/۷۸۵ **	۰/۸۰۹ **

جدول ۷- ضریب‌های همبستگی (Pearson) بین درصد کلونیزاسیون با شاخص‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای مایکوریزی

مایکوریزا	عملکرد ماده خشک در گلدان	کلروفیل کل	سطح برگ	غلظت فسفر برگ‌ها
شاهد (بدون مایه‌کوبی قارچ)	۰	۰	۰	۰
G. intraradices	۰/۳۳٦	۰/۲۱٤	۰/٤۲۵	۰/۲۳۷
G. mosseae	۰/٦۸۳ *	۰/۵٤۱	۰/۵۸٦ *	۰/٦۲۱ *

شکل ۱- مقایسه رشد گیاهان ریحان تحت شرایط همزیستی با قارچ‌های AM

(چپ: نمونه‌های شاهد، وسط: نمونه‌های مایه‌کوبی شده با *G. intraradices*، راست: نمونه‌های مایه‌کوبی شده با *G. mosseae*)



شکل ۲- همزیستی ریشه‌های گیاه ریحان با قارچ‌های AM

(چپ: ریشه‌ی گیاه شاهد، راست: ریشه‌ی گیاه همزیست شده با قارچ)

بحث

یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه‌ی سلول به خصوص در ساقه و برگ‌هاست. رشد سلول حساسترین فرایندی است که به‌وسیله‌ی تنش آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با کاهش رشد سلول اندازه‌ی اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه‌ی کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد (Hsiao, 1973). کاهش ارتفاع گیاه و قطر ساقه در اثر تنش آبی که در این تحقیق مشاهده شد با نتایج تحقیقات حسنی و امیدبیگی (۱۳۸۱) در ریحان و Hassani (۲۰۰۶) در بادرشبو مطابقت دارد. همزیستی با قارچ‌های AM باعث افزایش ارتفاع و قطر ساقه گردید که از این نظر نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات Subramanian و همکاران (۲۰۰۶) در گوجه‌فرنگی، Al-Karaki و همکاران (۲۰۰۴) در گندم و Rapparini و همکاران (۲۰۰۸) در *Artemisia annua* مطابقت دارد.

کاهش رشد سلول‌ها در اثر کم‌آبی، در درجه‌ی اول باعث کاهش رشد برگ می‌گردد. به‌علاوه در شرایط کم‌آبی جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه‌ی برگ‌ها محدود می‌شود. با کاهش سطح برگ، گیاه آب کمتری را از طریق تعرق از دست می‌دهد، بنابراین محدود شدن سطح برگ را می‌توان به‌عنوان اولین سازوکار دفاعی گیاه در برابر خشکی در نظر گرفت (Levitt, 1980؛ Blum, 1996). پیشنهاد شده که همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا می‌تواند میزان فتوسنتز را از طریق تغییرات مورفولوژیکی از قبیل افزایش در شاخص سطح برگ افزایش دهد (Harris & Paul, 1987). افزایش معنی‌دار سطح برگ در گیاهان مایکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی را می‌توان به افزایش سطح جذب عناصر غذایی نسبت داد. طبق گزارش Demir (۲۰۰۴) همزیستی با قارچ *G. intraradices* در گیاه فلفل منجر به افزایش نسبت سطح برگی و میزان آبگیری برگ‌ها می‌شود که این تأثیر مایکوریزا، به افزایش میزان فسفر در این گیاهان مربوط

می‌شود. افزایش تعداد و سطح برگ تحت همزیستی با قارچ‌های AM که در این تحقیق مشاهده شد توسط Amerian و همکاران (۲۰۰۱) در ذرت و Copetta و همکاران (۲۰۰۶) در ریحان نیز گزارش شده‌است.

در این تحقیق تعداد شاخه‌های جانبی تحت شرایط کم‌آبی کاهش یافت. شاخه‌دهی زیاد تحت شرایط خشکی یک صفت نامطلوب به حساب می‌آید، زیرا باعث مصرف بیهوده‌ی رطوبت خاک و اتلاف آن می‌گردد (Keim & Kronstad, 1981). بنابراین کاهش تعداد و طول شاخه‌های جانبی در شرایط کم‌آبی را شاید بتوان به‌عنوان یک مکانیسم سازگاری برای گیاه ریحان نیز در نظر گرفت. کاهش تعداد شاخه‌های جانبی در اثر تنش آبی که در این تحقیق مشاهده گردید توسط حسنی و امیدبیگی (۱۳۸۱) در ریحان، Hassani (۲۰۰۶) در بادرشبو و Ogbonnaya و همکاران (۱۹۹۸) در کنف نیز گزارش شده‌است. در گیاهان مایکوریزایی به علت رشد بیشتر، تعداد شاخه‌های جانبی بیشتری نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی مشاهده گردید.

از نتایج گفته شده چنین برمی‌آید که روند کاهش سطح برگ در ریحان با روند کاهش رشد و عملکرد آن تحت شرایط کمبود آب مطابقت دارد. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش سطح برگ است. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کم شده و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کم‌آبی، رشد گیاه و عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Hsiao, 1973). در تحقیق حاضر همزیستی با قارچ‌های AM عملکرد ماده تر و خشک گیاه را هم در شرایط تنش و هم در شرایط بدون تنش افزایش داد. این افزایش عملکرد را می‌توان به بهبود رشد رویشی گیاه در نتیجه بهبود روابط آبی و تغذیه گیاه، به‌ویژه فسفر نسبت داد. به خوبی پذیرفته شده که افزایش جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی به‌وسیله هیف‌های قارچی سازوکار اولیه تحریک و تسریع رشد گیاه به‌وسیله قارچ‌های مایکوریزا می‌باشد (Hayman, 1980). با وجود این مزایای قارچ‌های مایکوریزا تنها به بهبود جذب عناصر غذایی محدود نمی‌شود بلکه تولید هورمون‌های گیاهی به‌وسیله این قارچ‌های همزیست نیز می‌تواند با اثرهای آنها بر روی فرایندهای متابولیکی گیاه همبستگی داشته باشد. Barea و Azcon-Aguilar (۱۹۸۲) در یک تحقیق تولید تنظیم‌کننده‌های رشد توسط *G. mosseae* را بررسی کردند. نتایج بدست‌آمده نشان داد در این میکروارگانیسم‌ها حداقل دو ماده شبه جیبرلین و چهار ماده با ویژگی‌های شبه سایتوکینین سنتز می‌شود. نتایج این تحقیق با یافته‌های Al-Karaki (۱۹۹۸) که گزارش کرد همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا رشد گیاه را به‌وسیله بهبود جذب عناصر معدنی و روابط آبی افزایش می‌دهد مطابقت دارد. افزایش رشد گیاه تحت همزیستی با قارچ‌های AM در نتیجه بهبود روابط آبی از طریق جذب فسفر توسط محققان مختلف گزارش شده‌است (Ellis *et al*., 1985؛ Bethlenfalvay *et al*., 1988؛ Ruiz-Lozcano *et al*., 1995).

خشک شدن بافت‌های برگ نه تنها مانع ساخته شدن کلروفیل می‌شود بلکه به نظر می‌رسد که تخریب کلروفیل را هم باعث می‌شود. خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹). نتایج بدست‌آمده نشان داد که تحت تأثیر تنش آبی مقدار کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b کاهش یافت. کاهش کلروفیل تحت شرایط تنش آبی که

در این تحقیق مشاهده گردید توسط Misra و Srivastava (۲۰۰۰) در نعناع ژاپنی و Safikhani و همکاران (۲۰۰۷) در بادرشبو نیز گزارش شده‌است.

نتایج مربوط به اندازه‌گیری غلظت عنصر فسفر در برگ‌ها نشان داد که با تشدید شرایط کم‌آبی میزان فسفر برگ‌ها کاهش یافت. همچنین کاربرد قارچ AM باعث افزایش میزان فسفر برگ‌ها گردید. کمبود مواد غذایی یکی از مهمترین تنش‌هایی است که به کمک همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا می‌توان بر آن غلبه نمود. به‌طور کلی پذیرفته شده که قارچ‌های مایکوریزا میزان جذب فسفر توسط گیاه میزبان را بهبود می‌بخشند. افزایش جذب فسفر به‌وسیله افزایش سطح جذب ریشه‌ها (Smith & Read, 1997)، افزایش جذب رطوبت در خاک به‌وسیله هیف‌های قارچی (Cui & Caldwell, 1996)، تسهیل انتقال فسفر از خاک به ریشه گیاهان (George *et al*., 1992) و محلول ساختن فسفر به‌وسیله فسفاتاز (Tarafdar & Marschner, 1994) صورت می‌گیرد. افزایش مقاومت به خشکی گیاه براساس عقیده عده‌ای از محققان به دلیل بهبود جذب فسفر در خاک‌هایی است که مقدار فسفر قابل دسترس آنها کم باشد (Huang *et al*., 1985). میسلیوم‌های خارجی قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا عمدتاً حاوی هیف و اسپورهای قارچی هستند. هیف‌های خارجی در خاک گسترده شده و یک سطح جذب بالایی را برای فسفر (Li *et al*., 1991a)، مس (Li *et al*., 1991b)، روی (Chen *et al*., 2003) و یا نیتروژن (Hawkins & George, 2001) ایجاد می‌کنند. بنا به گزارش Gupta و همکاران (۲۰۰۲) در نعناع، Demir (۲۰۰۴) در فلفل، Marulanda و همکاران (۲۰۰۷) در اسطوخودوس و Aliabadi Farahani و همکاران (۲۰۰۸) در گشنیز همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا موجب افزایش عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌گردد که نتایج این تحقیق را مورد تأیید قرار می‌دهند. همچنین بنا بر گزارش Toussaint و همکاران (۲۰۰۶) در ریحان و Rapparini و همکاران (۲۰۰۸) در *Artemisia annua* همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا تأثیری بر غلظت فسفر نداشته‌است که با نتایج این تحقیق همخوانی ندارد.

بررسی نتایج حاصل از گیاهان ریحان مایکوریزایی در معرض تنش آبی نشان داد که تنش آبی موجب کاهش درصد کلونیزاسیون می‌شود. کاهش درصد کلونیزاسیون با افزایش شدت تنش آبی که در این تحقیق مشاهده گردید با نتایج Al-Karaki و همکاران (۲۰۰۴) که گزارش کردند درصد کلونیزاسیون در گندم مایه‌کوبی شده با دو گونه قارچ *G. etunicatum* و *G. mosseae* با افزایش شدت تنش آبی کاهش یافت مطابقت دارد. کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون با افزایش سطح تنش احتمالاً به علت کاهش در تندش و رشد هیف باشد. مرحله مهمتر پس از تندش اسپور، رشد هیف حاصل از تندش است که نقش اساسی در کلونیزاسیون ریشه ایفا می‌کند. به ظاهر رشد هیف بیشتر از تندش اسپور تحت تأثیر پتانسیل اسمزی قرار می‌گیرد (علی‌اصغرزاده، ۱۳۷۶). در این تحقیق گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ *G. mosseae* نسبت به گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ *G. intraradices* درصد کلونیزاسیون بالاتری را دارا بودند. افزایش درصد کلونیزاسیون در یک گونه قارچی نسبت به گونه دیگر، به گونه گیاهی و نوع قارچ بستگی دارد و حتی ایزوله‌های یک گونه که از مناطق مختلف جمع‌آوری شده باشند از نظر درصد کلونیزاسیون اختلاف دارند (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰). معنی‌دار بودن ضریب‌های همبستگی بین درصد

کلونیزاسیون و شاخص‌های مورد اندازه‌گیری در قارچ *G. mosseae* می‌تواند ناشی از درصد کلونیزاسیون بیشتر در این قارچ و تا حدود زیادی توجیه‌کننده نقش مؤثرتر این قارچ در جذب فسفر و تعدیل اثرهای تنش خشکی باشد.

منابع مورد استفاده

- امامی، ع.، ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه. جلد اول، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ۱۲۸ صفحه.
- امیدبیگی، ر.، ۱۳۷۹. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۹۷ صفحه.
- حسنی، ع. و امیدبیگی، ر.، ۱۳۸۱. اثرهای تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. دانش کشاورزی، ۱۲(۳): ۶۱-۴۷.
- حیدری شریف‌آباد، ح.، ۱۳۷۹. گیاه، خشکی و خشکسالی. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۲۰۰ صفحه.
- شیرانی، ا.، علیزاده، ع. و هاشمی دزفولی، ا.، ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ آربوسکولار مایکوریزا، فسفر و تنش خشکی بر کارآیی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم. نهال و بذر، ۱۶: ۳۴۹-۳۲۷.
- علی اصغرزاده، ن.، ۱۳۷۶. میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، ۴۲۵ صفحه.
- غلامی، ا. و کوچکی، ع.، ۱۳۸۰. میکوریزا در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه شاهرود، شاهرود، ۲۱۲ صفحه.
- Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A.R. and Daneshian, J., 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Medicinal Plants Reserch, 2(6): 125-131.
- 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.
- Al-Karaki, G.N., 1998. Benefit, cost and water-use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. Mycorrhiza, 8(1): 41-45.
- 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*). Aspect of Applied Biology, 63: 1-6.
- Barea, J.M. and Azcon-Aguilar, C., 1982. Production of plant growth-regulating substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Applied and Environmental Microbiology, 43(4): 810-813.
- Basu, M. and Srivastava, N.K., 1998. Root endophytes in medicinal plants: their population and effects. Abstract of The 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh, Scotland, 9-16 August: 19.
- Bethlenfalvay, G.J., Brown, M.S., Ames, R.N. and Thomas, R.S., 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Physiologia Plantarum, 72: 565-571.
- Blum, A., 1996. Crop Responses to Drought and the Interpretation of Adaptation. Plant Growth Regulation, 20(2): 135-148.
- Chen, B.D., Li, X.L., Tao, H.Q., Christie, P. and Wong, M.H., 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in a calcareous soil spiked with various quantities of zinc. Chemosphere, 50(6): 839-846.
- Copetta, A., Lingua, G. and Bert, G., 2006. Effect of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var.Genovese. Mycorrhiza, 16(7): 485-494.
- Cui, M. and Caldwell, M.M., 1996. Facilitation of plat phosphate acquisition by arbuscular mycorrhiza from enriched soil patches roots and hyphae exploiting the same soil volume. New Phytologist, 133(3): 453-460.
- Demir, S., 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.
- Ellis, J.R., Larsen, H.J. and Boosalis, M.G., 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant and Soil, 86(3): 369-378.
- George, E., Haussler, K.U., Vetterlien, D., Gorgus, E. and Marschner, H., 1992. Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. Canadian Journal of Botany, 70(11): 2130-2137.
- Gross, J., 1991. Pigments in Vegetables. Von Nostrand Reinhold, New York.,351p.
- 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

- Misra, A. and Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants, 7(1): 51-58.
- Ogbonnaya, C.I., Nwalozie, M.C., Roy-Macaulev, H. and Annerose, D.J.M., 1998. Growth and water relations of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under water deficit on a sandy soil. Industrial Crops and Products, 8(1): 65-76.
- Philips, J.M. and Hayman, D.S., 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society, 55: 158-161.
- Rapparini, F., Liusia, J. and Penuelas, J., 2008. Effect of arbuscular mycorrhiza colonization on terpen emission and content of *Artemisia annua* L. Plant Biology, 10(1): 108-122.
- Ruiz-Lozano, J.M. and Azcon, R., 1996. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. Agriculture, Ecosystems and Environment, 60(2-3): 175-181.
- Ruiz-Lozano, J.M., Azcon, R. and Gomez, M., 1995. Effects of arbuscular- mycorrhizal *Glomus* species on drought tolerance: Physiological and nutritional plant responses. Applied and Environmental Microbiology, 61(2): 456-460.
- Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T. and Vilarino, A., 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil, 205(1): 85-92.
- Safikhani, F., Heydari sharifabad, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M. and Abbaszadeh, B., 2007. The effect of drought stress on percentage and yield of essential oil and physiological characteristics of Deracocephalum moldavica L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 23(1): 86-99.
- Sanches-blan, M.J., Ferrandez, T., Morales, M.A., Morte, A. and Alarcón, J.J., 2004. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plant infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology, 161(6): 675-682.
- Sharma, A.K., 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agro-bios, India, 300p.
- Smith, S.E. and Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Acadamic Press, 605p.
- Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P., 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulturea, 107(3): 245-253.
(*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81(1): 77-79.
- Harris, D. and Paul, E.A., 1987. Carbon Requirements of Vesicular-Arbuscular, Mycorrhizae, 93-103. In: Safir, G.E. (Ed.). Ecophysiology of VA Mycorriza Plants. CRC Press, Boca Raton, USA, 224p.
- Hassani, A., 2006. Effect of water deficit stress on growth, yield and essential oil content of *Dracocephalum moldavica*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 22(3): 256-261.
- Hawkins, H.J. and George, E., 2001. Reduced 15N-nitrogen transport through arbuscular mycorrhizal hypha to *Triticum aestivum* L. supplied with ammonium vs. nitrate nutrition. Annals of Botany, 87(3): 303-311.
- Hayman, D.S., 1980. Mycorrhiza and Crop Production. Nature, 287(5782): 487-488.
- Hsiao, T.C., 1973. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology, 24: 519-570.
- Huang. R.S., Smith, W.K. and Yost, R.S., 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth, water relation, and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (LAM) De Wit. New Phytologist, 99(2): 229-243.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2001. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(4): 339-342.
- Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G., 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18(5): 459-463.
- Keim, D.L. and Kronstad, W.E., 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress conditions. Crop Science, 21(1): 11-15.
- Kramer, P.J. and Boyer, J.S., 1995. Water Relations of Plants and Soils. Academic Press, 495p.
- Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume II. Water, Radiation, Salt, and other Stresses. Academic Press, New York, 607p.
- Li, X.L., George, E. and Marschner, H., 1991a. Extension of phosphorus and deplation zone in VA-mycorrhizal with clover in a calcareous soil. Plant and Soil, 136: 41-48.
- Li, X.L., Marschner, H. and George, E., 1991b. Acquisition of phosphorus and copper by VA-mycorrhizal hyphae and root–shoot transport in white clover. Plant and Soil, 136: 49-57.
- Marulanda, A., Procel, R., Barea, J.M. and Azcon, R., 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought- tolerant or drought-sensetive *Glomus* species. Microbial Ecology, 54(3): 543-552.

- Sylvia, D.M. and Williams, S.E., 1992. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Environmental Stress: 101-124. In: Bethlenfalvay, G.J. and Linderman, R.G., (Eds.). Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Amer Society of Agronomy, Medison Wisconsin, 124p.
- Tarafdar, C. and Marschner, H., 1994. Phosphate activity in the rizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizaal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus. Soil Biology and Biochemistry, 26: 287-295.
- Tisdall, J.M., 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. Australian Journal of Soil Research, 29(6): 729-743.
- Toussaint, J.P., Smith, F.A. and Smith, S.E., 2006. Arbuscularl mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza, 17(4): 291-297.

Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on growth, chlorophyll contents and P concentration in Basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions

Z. Aslani[1], A. Hassani[1*], M. Rasooli Sadaghiyani[3], F. Sefidkon[4] and M. Barin[3]

1- Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
2*- Corresponding Author, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
E-mail: horthasani@yahoo.com
3- Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
4- Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

Received: April 2010 Revised: August 2010 Accepted: August 2010

Abstract

To study the influence of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi inoculation and drought stress on growth, chlorophyll content and phosphorus uptake of basil (*Ocimum basilicum* L.), a pot experiment was conducted using a factorial based on randomized complete blocks design with four replications. The factors were mycorrhizal inoculation (non-inoculated and inoculated with *Glomus mosseae* T.H. Nicolson & Gerd. and *Glomus intraradices* N.C. Schenck & G.S. Sm) and three irrigation regimes (irrigation intervals were every 4, 8 and 12 days). The results showed that drought stress had significant effects on evaluated characteristics. As with decrease of the soil water content, plant height, stem diameter, number and area of leaves, number of axillary shoot, root dry weight, fresh and dry herb yield, chlorophyll content, P concentration in leaves and root colonization decreased. Also, AM fungi inoculation had significant effects on growth parameters and P uptake. Plants inoculated with AM fungi had higher growth, yield and P uptake than non-inoculated plants under droughtstress and non-stress conditions. *G. mosseae* was more effective than *G. intraradices* in alleviation of drought stress. It could be concluded that AM fungi are able to enhance the growth and yield of basil under drought stress condition through enhancing P uptake.

Key words: *Ocimum basilicum* L., drought stress, mycorrhizal fungi, yield, phosphorus, root colonization.