نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۶۱-۱۵۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 152-161

تأثیر تلقیح با گونه‌های میکوریزا و سطوح آبیاری بر خصوصیات رشد، عملکرد، کارایی مصرف آب و برخی صفات گیاه ذرت (*Zea mays* L.)

محمدرضا عامریان[1*]، مریم السادات یوسف ثانی[2] و علیرضا کوچکی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۰۸

چکیده

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود آب است. استفاده از انواع میکروارگانیزم‌ها در این مناطق یکی از راه‌حل‌های نوین کشاورزی پایدار در جهت کاهش خسارت ناشی از تنش‌های محیطی است. همزیستی قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار با ریشه گیاهان زراعی تاثیرات مثبتی در نظام‌های زراعی نشان داده است. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح آبیاری بر خصوصیات رشدی ریشه و کارایی مصرف آب گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح میکوریزا (شاهد و دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و *G. intraradices*)) و چهار سطح آبیاری (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت) بود. صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، طول مخصوص ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب ذرت بودند. نتایج نشان داد که استفاده از هر دو نوع میکوریزای مذکور، تأثیر معنی‌داری بر طول مخصوص ریشه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ذرت داشت ($p\leq$۰/۰۵). نوع میکوریزای استفاده شده، تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه نداشت. استفاده از سطوح مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، طول مخصوص ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب داشت ($p\leq$۰/۰۵). به‌طور کلی، تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در شرایط کمبود آب، می‌تواند با گسترش ریشه و افزایش سطح جذب آن، جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه افزایش داده و ضمن افزایش مقاومت گیاه در برابر کم آبی، موجب افزایش عملکرد در ازای مقدار آب مصرفی (افزایش کارایی مصرف آب) گردیده و میزان مصرف آب را در تولید این گیاه کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون، عملکرد دانه، طول مخصوص ریشه

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از نظر تولید و سطح زیر کشت، بعد از گندم و برنج، سومین گیاه زراعی مهم در دنیا است (Jami-Alahmadi et al., 2006). ذرت گیاهی چهار کربنه می‌باشد و لذا پتانسیل بالایی در تبدیل انرژی خورشیدی به ماده خشک دارد. ذرت سازگاری وسیعی به شرایط محیطی از خود نشان می‌دهد و بنابراین، میزان تولید بالایی در واحد سطح دارد (Shrestha Ladha, 1998; Jami-Alahmadi et al., 2006). بین مصرف ذرت برای نیاز انسان و حیوانات رقابت وجود دارد. به منظور کاهش این رقابت دستیابی به عملکرد بالا، خاک باید منبعی کافی از مواد غذایی را از طریق کودهای آلی- زیستی برای گیاه و حصول به سیستم تغذیه تلفیقی گیاهان (IPNS)[4] داشته باشد تا بتواند بر هزینه بالای کودهای شیمیایی غلبه کند. بنابراین نیاز است که سیستم تغذیه تلفیقی گیاهان برای افزایش حاصلخیزی خاک و تولید پایدار گیاهان زراعی معرفی شود (Abd El-Gawad, 2008).

خشکی از اصلی‌ترین فاکتورهای غیرزندهٔ محدودکنندهٔ رشد گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌گردد. امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم‌نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. استفاده از کودهای بیولوژیک به

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Amerianuk@Yahoo.co.uk)

4- Integrated plant nutrient system (IPNS)

Archive of SID
www.SID.ir

منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان، یک مسئله مهم در جهت حرکت به سوی کشاورزی پایدار می‌باشد (Abbaszadeh, 2005). در حال حاضر، به‌کارگیری جانداران مفید خاک‌زی تحت عنوان کودهای بیولوژیک به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی مطرح می‌باشد. عرضه مواد آلی به خاک به دلیل پاسخگویی به مهم‌ترین نیاز آن، بزرگترین مزیت این قبیل کودها می‌باشد. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهم‌ترین مزایای کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند (Saleh Rastin, 2001).

قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار (AM)[1]، یکی از انواع کودهای زیستی بوده و جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم‌نظام‌های طبیعی می‌باشند (Panwar & Tarafdar, 2006). مطالعات مختلف نشان داده که همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه گیاهان، از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود رشد و نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌گردند (Sainz et al., 1998).

یکی از مکانیسم‌های افزایش پایداری گیاهان در مقابل تنش کم آبی، استفاده از رابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشد. ۸۰ درصد مطالعات انجام شده در زمینه میکوریز به بررسی توانایی افزایش تحمل گیاهان به تنش آبی در حضور این قارچ‌ها بوده است (Augé, 2001). تنش آبی از جمله فاکتورهای مهم تولید گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک ایران محسوب می‌گردد. تحقیقات اخیر نشان داده که میکوریزا سبب بهبود میزان نسبی آب گیاه می‌گردد. خلوتی و همکاران (Khalvati et al., 2005) گزارش کردند که میزان وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه گندم کلونیزه شده با میکوریزا در مقایسه با شاهد (گیاه غیرمیکوریزایی) تحت شرایط تنش کم آبی بیشتر بود. وو و زیا (Wu & Xia, 2006) در بررسی خود نشان دادند که نهال‌های لیموی کلون شده با میکوریزا در مقایسه با نهال‌های غیرمیکوریزایی از میزان پتانسیل آب برگ، میزان فتوسنتز و تعرق بیشتر و دمای کمتر برگ برخوردار بودند. نتایج بررسی روی تأثیر میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که کاربرد دو گونه از قارچ میکوریزا به نام‌های (*G. mosseae* و *G. caledonium*) سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد محصول گیاه شد (Toussaint et al., 2007). در پژوهش دیگری که روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) انجام شد، مشخص شد که تلقیح این گیاه با دو گونه قارچ میکوریزا آرباسکولار موجب افزایش قابل ملاحظه عملکرد بیولوژیک، غلظت فسفر، درصد اسانس و عملکرد در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده گردید (Kapoor et al., 2002). گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) گزارش کردند که تلقیح نعناع با قارچ میکوریزا، به طور قابل توجهی، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را افزایش داد. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) در بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیکی در تلقیح با میکوریزا حاصل شد.

با توجه به وضعیت اقلیمی خشک کشور ما و با توجه به اهمیت و جایگاه گیاه ذرت، این تحقیق با هدف افزایش کارایی مصرف آب به کمک همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا با گیاه ذرت طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی اثر همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا بر کارایی مصرف آب گیاه ذرت به کمک به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش، از خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌برداری و خصوصیات محل اجرای آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخصات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

کرت‌های اصلی، چهار سطح آبیاری شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت بود. کرت‌های فرعی شامل تلقیح با گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* و شاهد (بدون میکوریزا) بود. بذر مصرفی، بذر ذرت (متوسط رس) سینگل کراس ۷۰۴[2] بود. ابعاد هر کرت فرعی ۴×۳ متر انتخاب گردید. بین کرت‌های متوالی در هر تکرار، حدود یک متر و بین هر تکرار، دو متر فاصله به عنوان راهرو و برای جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها در نظر گرفته شد. کشت به صورت ردیفی و فاصله بذور روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر بود. به این ترتیب، برای کاشت ابتدا شیاری به عمق ۵-۴ سانتی‌متر در خاک ایجاد و ۱۵ گرم از مایه تلقیحی میکوریزا (همراه با خاک) در شیار ریخته و دو عدد بذر ذرت روی مایه تلقیح گذاشته و سپس روی آن با خاک پوشانیده شد. آبیاری زمین به صورت کامل و یکنواخت تا رسیدن گیاه به مرحله ۴-۳ برگی، انجام گردید.

1- Arbuscular mycorrhizae (AM)

2- SC 704

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات خاک محل انجام آزمایش
Table 1- Soil characteristics of the experimental site

نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	فسفر قابل استفاده (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل استفاده (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (٪) Organic matter (%)
0.024	8.8	125	2.04	0.4

سپس زمین تنک گردید و اِعمال تنش خشکی (بر اساس میـزان نیاز آبی ذرت) پس از رسیدن گیاه به مرحله سه تا چهـار برگـی آغـاز شد. مقدار نیاز آبی ذرت در مشهد با استفاده از نرم افزار NETWAT، به صورت هفت روزه در نظر گرفته شد و محاسبات لازم برای تعیـین مقدار آب لازم برای اعمال هر کدام از سطوح تنش آبی در طول فصل رشد انجام گردید. آبیاری به طریق نشتی انجام شد. مقدار آب آبیـاری برای کل طرح، توسط کنتـور ثبت و پس از رسیدن به مقدار محـاسبه شده، آبیاری قطع گردید. در نهایت، پس از رسـیدن گیـاه بـه مرحلـه رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانـه، طـول مخصـوص ریشـه (طـول ریشهٔ موجود در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک)، درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب ذرت تعیین گردید. کارایی مصرف آب به صورت عملکرد دانه (کیلـوگرم در هکتـار) بـه ازای میـزان آب مصـرفی (آب آبیاری+ بارندگی) (مترمکعب در هکتار) محاسبه گردید.

برای تجزیه آماری داده‌هـای آزمـایش از نـرم افـزار SAS 9.1 و برای رسم نمودار از نرم افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

تلقیح با هر دو گونه میکوریزا، تأثیر معنی‌داری بـر عملکـرد دانـه داشت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). تلقیح با *Glomus intraradices* تـأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت، اما این تفاوت، معنـی‌دار نبـود (شـکل ۱).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات طول ریشه، درصد کلویزاسیون و کارایی مصرف آب (در مورد عملکرد دانه) ذرت
Table 2- The result of variance analysis for root length, colonization percentage and water use efficiency (grain yield) of corn

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean of squares			
		طول ریشه Length of root	درصد کلونیزاسیون Colonization percentage	عملکرد دانه Grain yield	کارایی مصرف آب (در مورد عملکرد دانه) Water use efficiency (about grain yield)
بلوک Block	2	205.03 ^{ns}	103.36 **	89197525 ^{ns}	1.4275840 ^{ns}
فاکتور A (تلقیح با میکوریزا) Factor A (Mycorrhziae inoculation)	2	28514.9 **	17539.5 **	198694258 **	13.6797691 **
خطای اصلی Main error	4	78.7	35.36	47846358	4.2896288
فاکتور B (آبیاری) Factor B (Irrigation)	3	40726.4 **	410.32 **	374619607 **	38.1004339 **
A×B	6	1100.7 ^{ns}	106.8 **	12906655 ^{ns}	0.6463960 ^{ns}
خطای فرعی Sub error	18	1171.5	9.1	31842747	1.2644635
کل Total	35	–	–	–	–
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		9. 72	6. 3	24. 95	18. 5

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد
ns,* and **: Non significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

Archive of SID

www.SID.ir

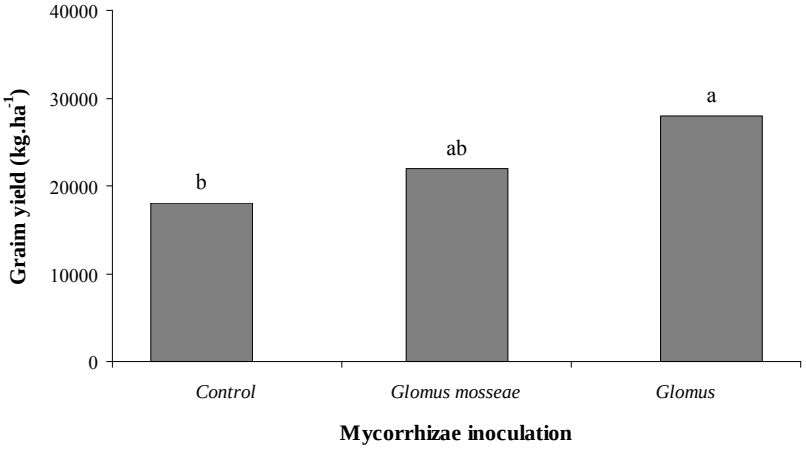
سطوح مختلف آبیاری نیز تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه، مربوط به تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی ذرت و کمترین عملکرد دانه، مربوط به تیمار ۲۵٪ نیاز آبی ذرت بود (شکل ۲). هدف نهایی از زراعت ذرت، عملکرد دانه است. عملکرد هر جامعه گیاهی، نحوه فعالیت آن را در طی فصل رشد و نمو و نحوه استفاده از تشعشع، مواد غذایی، آب و سایر منابع محیطی نشان می‌دهد. تقسیم و تخصیص مواد فتوسنتزی در گیاهان مختلف، تابع خصوصیات ژنتیکی گیاه و نیز شرایط محیطی است. ظرفیت مخزن، روابط بین مبدأ و مخزن، نسبت بین هورمون‌های مختلف، شرایط محیطی به خصوص دما و رطوبت از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری عملکرد گیاهان زراعی هستند (Evans, 1993).

در این تحقیق، به نظر می‌رسد که همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه ذرت، از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش فتوسنتز شده و این امر سبب تولید فرآورده بیشتر و از جمله عملکرد دانه گردیده است. محققان مختلف اشاره کرده‌اند که یکی از فواید میکوریزا، می‌تواند افزایش عملکرد گیاه میزبان باشد. سوبرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 1997) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*Glomus intraradices*) عملکرد دانه افزایش یافته و محتوای نیتروژن، فسفر، پتاس، منیزیم، منگنز و روی در دانه این گیاهان نسبت به شاهد بیشتر بود. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006; Darzi et al., 2009) در تحقیق خود روی رازیانه بیان کردند که بیشترین عملکرد دانه (۱۳۶۷ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۸۸ و ۱۰۴۷ کیلوگرم در سال ۱۳۸۵) در تلقیح با میکوریزا به‌دست آمد. اگوئیلرا- گومز و همکاران (Aguilera-Gomez et al., 1999) نیز افزایش زیست توده میوه فلفل (*Capsicum annum* L.) میکوریزایی شده را نسبت به شاهد گزارش کردند. نامبردگان دلیل این امر را افزایش راندمان مصرف آب و بهبود وضعیت عناصر غذایی گیاه ذکر کردند. علی اصغرزاده و همکاران (Aliasgharzade et al., 2006) گزارش مشابهی را در مورد سویا (*Glycine max* L.) ارائه نمودند. همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ میکوریزا به‌طور معنی‌داری سبب بهبود زیست توده و عملکرد دانه رازیانه گردید (Kapoor et al., 2004).

طول مخصوص ریشه

اثر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا بر طول مخصوص ریشه معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). در مقایسه بین دو گونه میکوریزا، *G. intraradices* تأثیر بیشتری بر طول مخصوص ریشه داشت (شکل ۳).

کاربرد سطوح مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر طول مخصوص ریشه داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). از میان چهار سطح آبیاری به کار رفته، سطح ۵۰ درصد نیاز آبی ذرت، بیشترین تأثیر را بر طول مخصوص ریشه گذاشت (شکل ۴).



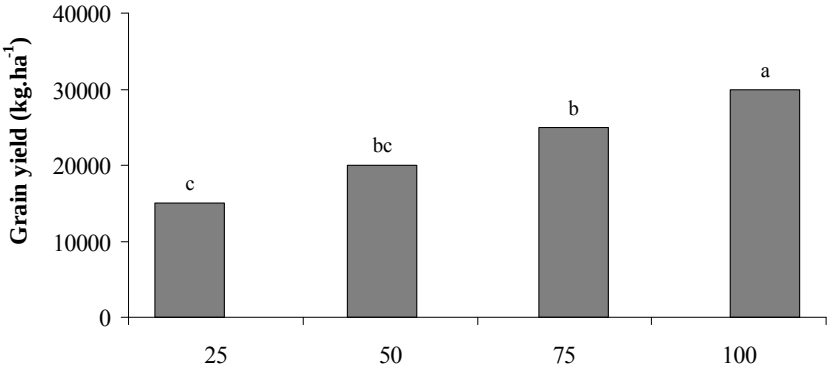
شکل ۱- تأثیر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر عملکرد دانه ذرت

Fig. 1- Effect of mycorrhizae inoculation on grain yield of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

www.SID.ir



شکل ۲- تأثیر سطوح آبیاری (بر اساس نیاز آبی (٪)) بر عملکرد دانه ذرت

Fig. 2- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%) on grain yield of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

این نتیجه بیانگر آن است که در شرایط تنش آبی، گیاه برای تأمین رطوبت مورد نیاز خود و جذب آب از مناطق دورتر از ریشه، طول ریشه خود را افزایش می‌دهد. قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش آبی، به گیاه کمک کرده و با گسترش طول ریشه و افزایش سطح جذب ریشه، موجبات جذب آب بیشتر برای گیاه را فراهم می‌آورند. فنگ و همکاران (Feng et al., 2002) در تحقیق بر روی تأثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت میکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجهٔ همزیستی با میکوریزا (جنس *گلوموس*) افزایش یافت. نامبردگان این موضوع را به افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقدار الکترولیت در ریشه‌ها نسبت دادند و آن را ناشی از ظرفیت بالای چنین گیاهانی برای تنظیم اسمزی دانستند. پنوار (Panwar 1991) در تحقیق خود بر گندم تلقیح شده با میکوریزا گزارش کرد که قارچ وزن ریشه و وزن اندام‌های هوایی را افزایش داد. گزارشات متعدد (Cardoso & Kuyper, 2006; Smith, & Gianinazzi-Pearson, 1988) حاکی از آن است که میکوریزا رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک نظام گسترده از ریشه را برای جذب آب ایجاد می‌کند. نتایج تحقیق مارولاندا و همکاران (Marulanda et al., 2007) بر روی گیاه اسطوخودوس میکوریزایی شده، حاکی از آن بود که سویه‌های مقاوم به خشکی *G. intraradices* و *G. mosseae*، رشد ریشه را به ترتیب به میزان ۳۵ و ۱۰۰ درصد افزایش دادند. آنها همزمان با این تغییرات، افزایش محتوای آب گیاه و کاهش ترکیبات آنتی‌اکسیدانت را گزارش کردند. ابونصر (Aboul-Nasr, 1998) گزارش کرد که تلقیح کدو تخم پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با *G. intraradices*، موجب افزایش طول ریشه در مقایسه با شاهد شد. علی‌آبادی فراهانی و همکاران (Aliabadi Farahani et al., 2007) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا (*G. hoi*) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و طول ریشه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گردید. سانچز- بلانکو و همکاران (Sanchez-Blanco et al., 2004) گزارش کردند که تحت شرایط خشکی، زیست توده ریشه و اندام‌های هوایی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) میکوریزایی شده در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش یافت. آگوئیلرا- گومز و همکاران (Aguilera-Gomez et al., 1999) نیز افزایش زیست توده ریشه، اندام‌های هوایی و میوه را در گیاهان فلفل میکوریزایی شده با *G. intraradices* مشاهده کردند.

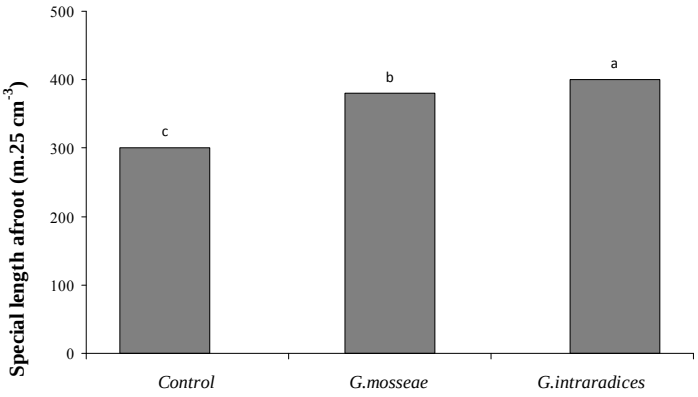
درصد کلونیزاسیون طول ریشه

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، تلقیح با قارچ‌های میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۲)، اما گونه میکوریز بر کلونیزه شدن ریشه اثر معنی‌داری نداشت و بین دو گونه میکوریزا، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵).

استفاده از سطوح مختلف آبیاری، تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲) (شکل ۶)؛ به‌طوری که تیمار *G. intraradices* + ۲۵٪ نیاز آبی ذرت، بیشترین (۸۴ درصد) و تیمار شاهد + ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت، کمترین (۲ درصد) درصد کلونیزاسیون ریشه را به خود اختصاص دادند (شکل ۷). کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا، در تیمارهای تحت تنش آبی بیشتر از تیمارهای با آبیاری مناسب بود و کلونیزاسیون در تیمارهای تحت تنش، افزایش یافت و این افزایش در قارچ گونه *G. intraradices* و در کمترین مقدار آبیاری (۲۵ درصد نیاز آبی ذرت) بیشتر بود (شکل ۷).

Archive of SID

www.SID.ir

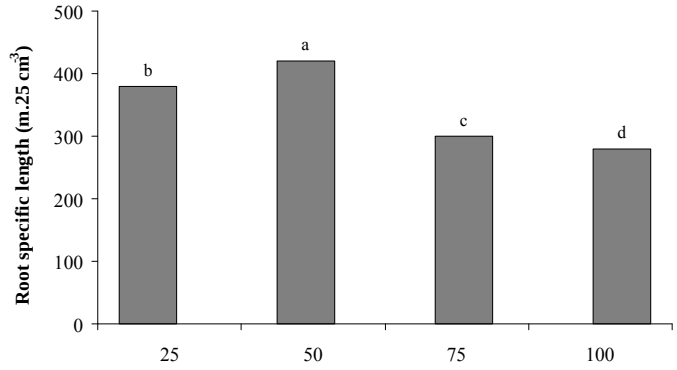


شکل ۳- اثر تلقیح با میکوریزا بر طول مخصوص ریشه ذرت

Fig. 3- Effect of mycorrhiza inoculation on root special length of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل ٤- تأثیر سطوح آبیاری (براساس نیاز آبی (٪)) بر طول مخصوص ریشه ذرت

Fig. 4- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%)) on grain yield of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

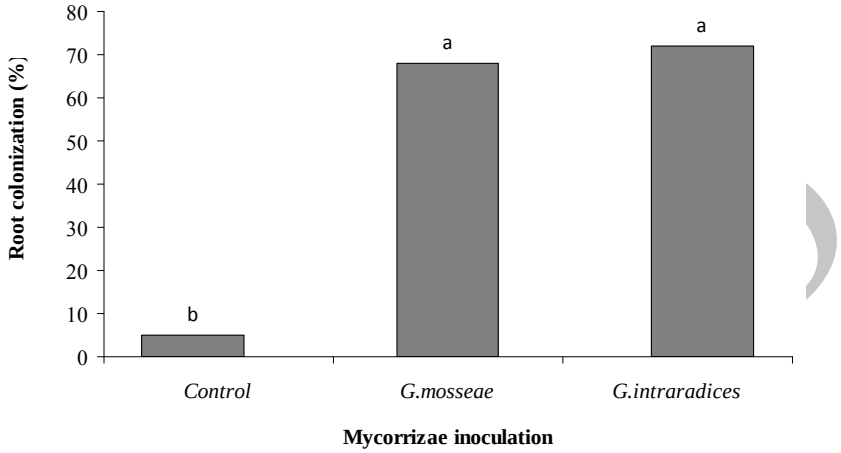
* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که در شرایط تنش آبی، قارچ‌های میکوریزا جهت کمک به گیاه، برای جذب بیشتر آب و عناصر غذایی، بیشتر تکثیر شده و میزان کلونیزاسیون ریشه افزایش می یابد. وان در هیدن و ساندرز (Van der Heijden & Sanders, 2002) گزارش کردند که عوامل محیطی به شدت بر کلونیزاسیون ریشه تأثیر می‌گذارند. جهرینگ و همکاران (Gehring et al., 2006) گزارش کردند که میزان رطوبت خاک به مقدار زیادی کلونیزاسیون ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علی اصغرزاده و همکاران (Aliasgharzade et al., 2006) گزارش کردند که بین کلونیزاسیون ریشه و محتوای آب نسبی برگ، پتانسیل آب برگ، محتوای نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی گیاه و وزن دانه، همبستگی مثبت وجود دارد و این موضوع می‌تواند دلیلی بر بهبود وضعیت آبی و تغذیه‌ای گیاه در نتیجهٔ کلونیزاسیون باشد. در بررسی اوج (Augé, 2001) شرایط تنش موجب افزایش میزان میکوریزا در ریشه گردید.

www.SID.ir

کارایی مصرف آب (براساس عملکرد دانه)

همان‌طور که داده‌های جدول ۲ نشان داده شده است، تلقیح با گونه‌های قارچ میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب ذرت داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که تلقیح باعث افزایش کارایی مصرف آب ذرت گردید (شکل ۷). کاربرد سطوح مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب داشت (p≤۰/۰۱)؛ به نحوی‌که در تیمار ۲۵٪ نیاز آبی ذرت، بیشترین و در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ذرت، کمترین کارایی مصرف آب به دست آمد (شکل ۸).

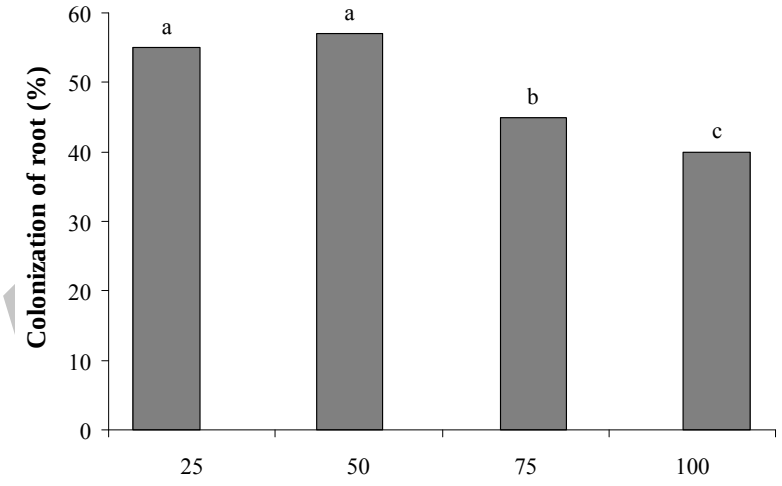


شکل ۵- اثر تلقیح با میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت

Fig. 5- Effect of mycorrhiza inoculation on colonization percentage of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



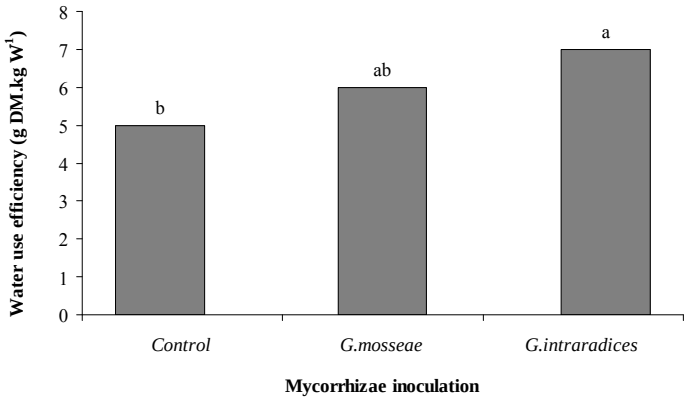
شکل ٦- تأثیر سطوح آبیاری (بر اساس نیاز آبی (٪)) بر درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت

Fig. 6- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%)) on colonization percentage of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

www.SID.ir

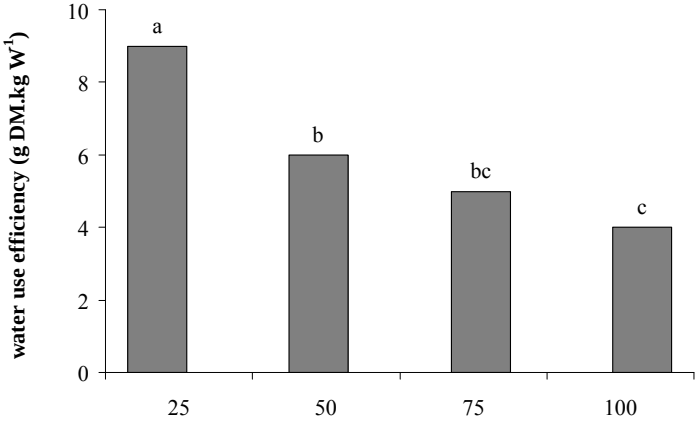


شکل ۷- اثر تلقیح با میکوریزا بر کارایی مصرف آب ذرت

Fig. 7- Effect of mycorrhiza inoculation on water use efficiency of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل ۸- تأثیر سطوح آبیاری (بر اساس نیاز آبی (٪) بر کارایی مصرف آب ذرت

Fig. 8- Effect of irrigation levels (based on water requirement (%)) on water use efficiency of corn

* میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (P≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

بدین ترتیب، عملکرد دانه ذرت به واسطه تلقیح با میکوریزا تحت شرایط تنش کم آبی افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان چنین بیان کرد که در نتیجه همزیستی قارچ‌های میکوریزا با ریشه ذرت، رشد ریشه و سطح جذب آن افزایش یافته و ضمن افزایش جذب عناصر غذایی (به‌ویژه افزایش محتوی فسفر خاک)، موجب جذب بیشتر آب از مناطق دورتر از ریشه گردیده و موجبات عملکرد بیشتر گیاه را فراهم آورده است که این افزایش جذب آب و عناصر غذایی در تیمارهای تحت تنش آبی بیشتر بوده است. به عبارت دیگر، در گیاهان میکوریزایی تحت تنش، مقدار تولید و عملکرد به ازای مقدار آب داده شده به گیاه، بیشتر از تیمارهای با آبیاری مناسب بود. این اطلاعات نشان می‌دهد که میکوریزا سبب افزایش تحمل گیاه در مقابل تنش کم آبی شده و احتمالاً از افت عملکرد جلوگیری نموده است. یکی از خصوصیات نواحی خشک و نیمه‌خشک، مواجه شدن زمان پر شدن دانه با تنش کم آبی است. بنابراین، به‌کارگیری روش‌هایی که سبب افزایش تحمل گیاه به کم آبی در این مرحله گردد، در واقع سبب افزایش عملکرد خواهد شد که استفاده از میکوریزا در چنین شرایطی می‌تواند به افزایش عملکرد گیاه کمک شایان توجهی بنماید. در بررسی جمشیدی و همکاران

www.SID.ir

(Jamshidi et al., 2008) گیاهان آفتابگردان تلقیح شده با میکوریزا هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم تحت شرایط تنش آبی، در مقایسه با گیاهان شاهد، تعداد دانه بیشتری تولید کرده و عملکرد دانه بیشتری داشتند. جفریز (Jeffries, 1987) نیز نشان داده که همزیستی گیاه میکوریزا به خصوص تحت شرایط حاصلخیزی و آبیاری کم از طریق افزایش دسترسی عناصر و انتقال آن به گیاه سبب افزایش عملکرد می‌گردد. گریندلر و همکاران (Gryndler et al., 2006) بیان کردند که سطوح بالای عناصر غذایی محلول موجود در کودهای غیرزیستی، از طریق تأثیر بر جمعیت میکروبی خاک، بر کلونیزاسیون ریشه اثر منفی گذاشته و موجب کاهش مقدار ریشه می‌شوند. بدیهی است در نتیجه شکل‌گیری روابط پیچیده و متقابل بین گیاهان و سایر موجودات زنده در نظام‌های زیستی و پایدار، رشد و نمو گیاهان از هر نظر، بهتر صورت گرفته و پایداری در طول زمان را به همراه دارد (Probst et al., 2007). بسیاری از محققین معتقدند که شرایط حاکم بر نظام‌های اکولوژیک و پایدار، باعث عملکرد اکولوژی میکروبی خاک (زیست توده و فعالیت میکروبی) در سطحی برتر از نظام‌های رایج می‌شود (Toyota & Kuninaga, 2006).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در شرایط تنش آبی (سطوح کم آبیاری) و آبیاری مناسب، می‌تواند با گسترش رشد ریشه و افزایش سطح جذب آن، موجب جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و در نهایت، افزایش کارایی مصرف آب در این گیاه گردد. اهمیت تلقیح با قارچ‌های میکوریزا، در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در شرایط کمبود آب بیشتر است. در واقع، در شرایط کمبود آب و تنش آبی، میکوریزا از طریق همزیستی با ریشه گیاه موجب می‌شود رشد ریشه گیاه و سطح جذب آن افزایش یابد. در نتیجهٔ افزایش رشد ریشه، جذب آب و عناصر غذایی بیشتر شده و به تبع آن، رشد گیاه و تولید فراورده‌های آن در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش می‌یابد. در گیاهان میکوریزایی تحت تنش آبی، تولید و عملکرد به ازای مقدار آب مصرفی، بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی تحت تنش است.

منابع

Abbaszadeh, B. 2005. Effect of different nitrogen levels and methods of consume of nitrogen on extent beebalm essence. MSc Thesis, Islamic Azad University-Karaj Branch, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Abd El-Gawad, A.M. 2008. Employment of Bio-organic Agriculture Technology for *Zea mays* L. cultivation in some desert soils. Research Journal of Agriculture and Biological Science 4(5): 553-565.

Aboul-Nasr, A. 1998. Effects of inoculation with *Glomus intraradices* on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress conditions. Annals of Agricultural Science 1: 119-133.

Aguilera-Gomez, L., Davies, F.T., Olalde-Portugal, V.S., Duray, A., and Phavaphutanon, L. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. cv. San Luis). Photosynthetica 36: 441-449.

Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M.H., Shiranirad, A.H., Valadabadi, A., Hamidi, A., Daneshian, J., Abbaszadeh, B., and Sehzabi, A. 2007. The effects of *Glomus hoi* fungi, different levels of phosphorus and drought stress on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 23(3): 405-415.

Aliasgharzade, N., Neyshabouri, M.R., and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologiae 61: 324-328.

Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11: 3-42.

Cardoso, I., and Kuyper, M.T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rejali, F., and Sefidkon, F. 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4): 276-292.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertilizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(1): 1-19.

Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press 512 pp. ISBN: 0521295580.

Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, Tang, C.Y.C., and Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza 12: 185-190.

Gehring, C.A., Mueller, R.C., and Whitham, T.G. 2006. Environmental and genetic effects on the formation of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal associations in cottonwoods. Oecologia 149: 158-164.

Ghazi Al-Karaki, B., and McMichael, J.Z. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263- 269.

Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H., and Kubat, J. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi

Archive of SID

www.SID.ir

in a long-term field experiment. Mycorrhiza 16: 159-166.

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. Bioresource Technology 81: 77- 79.

Jamiolahmadi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. 2006. Agriculture, Fertilizer and Life Environment. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (Iran)

Jamshidi, A., Ghalavand, A., Salehi, A., and Jamshidi, A.R. 2008. Decrease of drought stress damage on sunflower yield with arbuscular mycorrhizae. International Congress on Modern Technology in Agriculture and Natural Sources. Rasht, Guilan, Iran. p. 2181-2188. (In Persian)

Jeffries, P. 1987. Use of mycorrhizae in agriculture. Critical Review in Biotechnology 5: 319–357.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum*) 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. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Khalvati, M.A., Hu, Y., Mozafar, A., and Schmidhalter, U. 2005. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relation, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology 7: 706-712.

Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M., and Azcon, R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought- sensitive *Glomus* Species. Microbial Ecology 543-552.

Panwar, J.D.S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Indian Journal of Plant Physiology 34: 357-361.

Panwar, J., and Tarafdar, J.C. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under *Mitragyna parvifolia* (Roxb.) Korth. in Thar Desert. Applied Soil Ecology 34: 200–208.

Probst, B., Schuler, C., and Joergensen, R.G. 2007. Vineyard soils under organic and conventional management-microbial biomass and activity indices and their relation to soil chemical properties. Biology and Fertility of Soils 44: 443-450.

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: 85-92.

Saleh Rastin, N. 2001. Biologic fertilizers and role of them in attain to sustainable agriculture. Soil and Water Sciences Journal (Biologic Fertilizers Particular Journal) 23: 10-23. (In Persian with English Summary)

Sanchez-Blanco, M.J., Ferrandez, T., Morales, M.A., Morte, A., and Alarcon, J.J. 2004. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology 161: 675-682.

Shrestha, R.K., and Ladha, J.K. 1998. Nitrate in groundwater and integration of nitrogen-catch crop in rice-sweet pepper cropping system. Soil Science Society of America Journal 62: 1610–1619.

Smith, S.E., and Gianinazzi-Pearson, V. 1988. Physiological interaction between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Annuals Reviews in Plant Physiology 39: 221-244.

Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I. 1997. Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. Canadian Journal of Botany 75: 1582-1591.

Toussaint, J.P., Smith, F.A., and Smith, S.E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17(4): 291-297.

Toyota, K., and Kuninaga, S. 2006. Comparison of soil microbial community between amended with or without farmyard manure. Applied Soil Ecology 33: 39-48.

Van der Heijden, M.G.A., and Sanders, I. 2002. Mycorrhizal ecology. Springer, Berlin, Heidelberg 469 pp. ISBN: 3540424075

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. Journal of Plant Physiology 163: 417-425.

Archive of SID

www.SID.ir