مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۴، شماره ۲، ۱۳۹۲ (۲۶۰-۲۴۹)

بررسی تأثیر همزیستی‌میکوریزایی بر کاهش اثرات تنش کم آبی، شاخص‌های رشد (*Zea mays* L.) و عملکرد ذرت

زهره شاه حسینی[1*]، احمد غلامی[2] و حمید رضا اصغری[3]
۱، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، ۲، ۳، دانشیار، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود
(تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۴ - تاریخ تصویب: ۹۲/۳/۱)

چکیده

تأثیر قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار بر کارآیی مصرف آب و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت در سه رژیم آبیاری در یک آزمایش مزرعه ای مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش بصورت اسپلیت پلات بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد کرت اصلی تنش کم آبی در سه سطح FC ۱۰۰٪ (بدون تنش آب)، FC ۶۶٪ (تنش متوسط)، FC ۳۳٪ (تنش شدید) و کرت فرعی شامل قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار در سه سطح، شامل دو گونه قارچ میکوریزا M_1: *Glomus mosseae*، M_2: *Glomus intraradices* و شاهد:M_0 می باشد. نتایج بررسی نشان داد که اثرات متقابل تنش کم آبی و قارچ‌های میکوریزا بر روی کارآیی مصرف آب، درصدکلونیزاسیون ریشه ذرت، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول معنی دار بود. بیشترین کارآیی مصرف آب از کاربرد گونه *G. mosseae* و شرایط تنش شدید (۳۳FC٪) و کمترین میزان آن از بوته‌های شاهد در شرایط بدون تنش (۱۰۰FC٪) به ترتیب معادل ۲/۳۴Kg/m^3 و ۱/۲۳Kg/m^3 بدست آمد، نتایج همبستگی بالایی (r=۰/۸۶۵*) بین درصد کلونیزاسیون ریشه وکارآیی مصرف آب در شرایط تنش شدید و همزیستی با قارچ های میکوریزا نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، قارچ‌های میکوریزای آرباسکولار

مقدمه

در دهه های اخیرتولید محصولات کشاورزی عمدتاً متکی بر مصرف نهاده های شیمیایی بوده که این امر منجر به بروز مشکلات زیست محیطی شده است. یکی از راه‌های رفع این مشکل اعمال راهکارهایی مبتنی بر استفاده از اصول دراز مدت کشاورزی بوم شناختی در بوم نظام های‌زراعی می‌باشد. کشاورزی بوم شناختی یک نظام تلفیقی مبتنی براصول بوم شناختی می‌باشد. در این نظام به جای استفاده از نهاده های خارجی نظیر انواع کودهای شیمیایی و آفت کش ها از تناوب زراعی با بقولات، بقایای گیاهی، انواع کودهای دامی، آلی و زیستی استفاده می شود تا ضمن ذخیره مواد غذایی در خاک، علف‌های هرز و آفات کنترل شده و تنوع زیستی در مزارع افزایش می‌یابد (Elsen, 2000). کاربرد کودهای زیستی از جمله راهبردهای تغذیه گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی بوم شناختی است (Kapoor et al., 2004). اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی،کودسبز و غیره اطلاق نمی گردد، بلکه ریزموجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایرعناصر غذایی از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند. قارچ میکوریزا اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان همزیست دارد. افزایش سطح فعال سیستم ریشه

* نویسنده مسئول: زهره شاه حسینی تلفن: ۰۹۱۲۴۳۲۴۴۵۱ E-mail: zshahhoseiny@yahoo.com

گیاه برای جذب بهتر موادغذایی از خاک، خصوصاً در شرایط کمبودفسفر، افزایش فتوسنتز، افزایش مقاومت به تنش‌های خشکی، شوری و مقاومت به آفات و بیماری ها، بهبود ساختمان خاک نمونه‌هایی از نقش این قارچ در بوم نظام های زراعی می باشد (Al Karaki et al., 2004). در نواحی خشک و نیمه‌خشک تنش خشکی تولید محصولات زراعی را کاهش می‌دهد. بنابراین فعال کردن عواملی که گیاهان بتوانند در برابر تنش مقاومت کنند می‌تواند در بهبود تولید محصولات مفید باشد (Al Karaki et al., 2004). نتایج تحقیقات نشان داده است که قارچ‌های میکوریزا قادر هستند اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند(Auge, 2001). از مهمترین اثرات مطلوب روابط میکوریزایی در شرایط تنش خشکی می‌توان تغییر در سطح بعضی هورمون‌های گیاهی مثل آبسزیک‌اسید (ABA) و سیتوکنین (Davies et al., 2001) جذب مستقیم آب توسط هیف‌های قارچ در خاک و انتقال آن به گیاه میزبان (Quilambo, 2000)، افزایش تبادلات گازی برگ و میزان فتوسنتز (Ruz lozano & Azcon, 1996) افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاه (Ruiz lozano et al., 1996a)، آسیمیلاسیون نیترات و فسفر (Jakobsem et al., 1992) تنظیم اسمزی (Auge et al., 1986) و تغییر در انعطاف‌پذیری غشای سلولی (Auge et al., 2001) را نام برد. Song (2005) مکانیسم‌هایی را که به واسطه آن قارچ‌های میکوریزا می‌توانند مقاومت به خشکی را افزایش دهند به پنج گروه عمده تقسیم کرد: ۱) بهبود خواص خاک در اطراف ریشه مثل خاکدانه سازی و بهبود ساختمان خاک. ۲) افزایش سطوح جذب ریشه‌ها و در نتیجه افزایش کارآیی جذب آب. ۳) افزایش جذب فسفر و سایر عناصر غذایی. ۴) فعال کردن سیستم دفاعی گیاه میزبان و کاهش خطرات اکسیداسیون ناشی از تنش خشکی. ۵) تحریک بیان ژن‌های گیاه میزبان. قارچ میکوریزا ارتباط گیاه با آب را به وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق و کاهش مقاومت روزنه‌ای به وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد (Elwan, 2001). Marulanda et al. (2003)گزارش کردند که گیاهان دارای همزیستی میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی آب را از خاک سریعتر و کاملتر تخلیه می‌کنند و باعث می‌شوند که پتانسیل آب خاک کاهش بیشتری پیدا کرده، سطح برگ‌ها افزایش یابد که این خود باعث افزایش نیاز تعرق گیاهان میکوریزایی می‌شود. از طرف دیگر سیستم ریشه‌ای در گیاهان میکوریزایی توسعه بیشتری یافته و بیشتر از ریشه گیاهان غیر میکوریزایی منشعب شده و قطر ریشه‌های فرعی در آن ها کاهش و طول ریشه افزایش یافته است. همه این عوامل باعث می‌شود که ریشه میکوریزایی سطح تماس بیشتری با خاک پیدا کرده و بدین صورت سریعتر آب را از خاک جذب نماید. Zahra & Loyachan (2003) دلیل افزایش هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌ای گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی در شرایط خشکی را ناشی از افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزایی دانسته‌اند. همچنین گسترش هیف‌های خارج ریشه‌ای در خاک نیز می‌تواند در این رابطه مؤثر باشد زیرا این هیف‌ها می‌توانند حدود ۲۵ سانتی‌متر از سطح ریشه‌های میکوریزایی به سمت بیرون امتداد داشته باشند (Smith & Read, 2008). قارچ‌های میکوریزا بر روابط آبی خاک نیز مؤثر هستند، زیرا این قارچ‌ها مقدار زیادی گلیکوپروتئینی به نام گلومالین تولید می‌کنند که این ماده موجب افزایش چسبندگی ذرات خاک به یکدیگر و پایداری خاکدانه‌ها می‌شود (Rillig et al., 2004; Driver et al., 2005) البته در کنار موارد یاد شده نمی‌توان نقش بهبود تغذیه‌ای گیاه در روابط میکوریزایی را در مقاومت به خشکی نادیده گرفت زیرا همبستگی بالایی بین وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مقاومت به خشکی وجود دارد(Song, 2005) . حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه با توجه به اصول کشاورزی بوم شناختی نقش مهمی در بهبود عملکرد گیاه ذرت دارد. هدف از این تحقیق بررسی همبستگی بین سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و برخی شاخص‌های رشد ذرت تحت تأثیر تنش کم آبی و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا می باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش درسال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی

شاهرود با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و۵۷ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۳۴۵ متری از سطح دریا اجرا گردید. این آزمایش بصورت اسپیلت پلات با سه تکرار اجرا گردید. پلات اصلی‌شامل سه سطح تنش که به ترتیب FC ۱۰۰٪ (بدون تنش آب)، FC ۶۶٪ (تنش متوسط)، FC ۳۳٪ (تنش شدید) و پلات فرعی‌شامل قارچهای‌میکوریزا درسه سطح M_1: *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* M_2: و شاهد:M_0 می‌باشد. ماده تلقیح مورد استفاده شامل قطعات ریز ریشه، میسلیوم‌ها، اسپورهای قارچ و خاک چسبیده به آن‌ها بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است. در اواسط اردیبهشت ماه و با مساعد شدن شرایط جوی عملیات آماده سازی بستر مزرعه آزمایشی‌انجام شد. در این آزمایش۲۷ کرت در نظر گرفته شد که هر کرت شامل۴ ردیف کاشت و هر ردیف به طول۶ متر و با فواصل ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. فاصله بذور روی‌ردیف ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و بذور در عمق ۵ سانتی متری‌خاک قرار داده شدند. برای جلوگیری از عمل تداخل و آلودگی قارچها یک خط به صورت نکاشت به عنوان محافظ بین کرت های اصلی قرار گرفت. کاشت بذور به صورت ردیفی انجام شد، بذر ذرت مورد استفاده (متوسط رس) سینگل کراس ۷۰۴ بود. پیش از اقدام به کشت، برای-اطمینان از عدم آغشته بودن به سموم قارچ کش ابتدا بذور چندین بار شستشو شدند. پس از شستشو، بذور در سایه خشک شده و جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند. به منظور اعمال سطوح مختلف آبیاری نمونه خاک مزرعه آزمایشی به دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل و با استفاده از دستگاه صفحات فشاری محتوای رطوبت نمونه خاک در پتانسیل های مختلف تعیین شد. بر این مبنا محتوای آب خاک در پتانسیل‌های خاک در ظرفیت زراعی FC ۱۰۰٪، FC۶۶٪، FC ۳۳٪ به ترتیب معادل۱۳/۲۱،۱و ۷/۸۷ درصد وزنی تعیین گردید. به این منظور قبل از اعمال سطوح آبیاری روزانه ازکرت های مورد نظر نمونه برداری گردید و جهت تعیین میزان رطوبت به آزمایشگاه منتقل شد در آزمایشگاه از روش فلاسک به منظور تعیین محتوای رطوبتی نمونه خاک هر کرت استفاده شد. روش فلاسک در سال ۱۹۷۹ به وسیله گروهی از محققان ابداع گردید، وسایل مورد نیاز جهت اندازه گیری رطوبت خاک در این روش شامل تعدادی فلاسک و یک ترازو می باشد، با در دست داشتن وزن مخصوص حقیقی خاک(Pp) و وزن فلاسک پر از آب(G)، کافی است مقداری خاک مرطوب(A) را در فلاسک ریخته با آب به حجم رسانده وزن آن(H) را تعیین و با استفاده از فرمول زیر درصد رطوبت نمونه خاک(Mp) را محاسبه نمود(Hajrasouliha et al,. 1982).

$$Mp= ((A(Pp-1)/(H-G)Pp-1)-1)100$$

به هنگام کشت بذور مقدار ۱۵ گرم از هر نمونه قارچ میکوریزا استفاده شد (هر گـرم نمونه قارچ حاوی‌حدود ۳۰۰ اسپور زنده بود). در تاریخ ۱۵ خرداد ماه عملیات کاشت به پایان رسید و اولین آبیاری۲ روز بعد انجام شد. آبیاری های بعدی به وسیله کنتور برای تعیین مقدار آب ورودی به کرت ها انجام شد. نمونه برداری‌ها به فاصله ۱۰ روز در۷ مرحله در طی‌فصل رشد ذرت انجام گرفت. ۱۳۰ روز بعد از کاشت بوته های ذرت از مساحتی در حدود۳ متر مربع برای اندازه گیری عملکرد نهایی و اجزای‌عملکرد برداشت شدند. در این تحقیق تجزیه واریانس اعداد خام با استفاده از نرم افزارهای MSTATC و SAS و برای مقایسه میانگین ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. در این تحقیق کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) بر اساس وزن خشک کل بوته (کیلوگرم بر هکتار) تولید شده به ازای مقدار آب مصرفی (مترمکعب بر هکتار) محاسبه شد. مقدار آب مصرف شده در دوره رشد ۱۳۰ روزه ذرت برای سطوح تنش کم آبی(بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید)به ترتیب به میزان (۱۲۰۷۰، ۸۸۲۰ و۶۵۲۰ متر مکعب در هکتار) بود. در انتهای فصل رشد ذرت ریشه ها از عمق ۵ تا ۲۵ سانتیمتری خاک برداشت شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند در آزمایشگاه ابتدا ریشه ها با آب مقطر شستشو و سپس برای رنگ بری در محلول KOH 10% به مدت ۲۰ دقیقه قرار داده شدند. بعد این مدت ریشه ها مجدد با آب مقطر شسته و به مدت ۴۸ ساعت در محلول کاتن

بلو قرار گرفتند. بعد از ۴۸ ساعت ریشه ها با آب مقطر شسته شدند(Phillips & Hayman, 1970). برای تعیین درصد کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه ها از روش تلاقی خطوط مشبک استفاده شد(Mc Gonigle et al., 1990). ریشه های رنگ آمیزی شده به طور تصادفی در داخل ظرف پتری پخش شدند. سپس زیر لوپ آزمایشگاهی و با کمک کاغذ شطرنجی میزان همزیستی ریشه بر حسب طول ریشه همزیست تعیین شد. تعداد نقاطی از ریشه که با خطوط عمودی و افقی برخورد کرده بودند شمرده شدند. بعد نقاطی که آبی پررنگتری داشتند شمرده شدند. در نهایت از تقسیم این عدد بر کل برخوردها درصد طول ریشه همزیست با قارچ تخمین زده شد. شاخص سطح برگ با تعیین سطح برگ بوته ها در هر مرحله و با توجه به مساحت نمونه برداری محاسبه گردید. سرعت رشد محصول، افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می باشد واز رابطه $CGR = (w_2-w_1) / \{s_A(t_2-t_1)\}$ محاسبه می شود که در آن w_1 و w_2 وزن خشک گیاه در زمانهای t_1 ، t_2 و s_A مساحت خاک است(Acquaah, 2002). سرعت رشد نسبی نیز بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است. میانگین سرعت رشد نسبی با توجه به اندازه گیری های انجام شده در دو زمان متوالی(در محدوده زمانی ۴۵-۳۰، ۶۰- ۴۵، ۵- ۶۰ ، ۹۰- ۷۵، ۱۰۵- ۹۰ ، ۱۲۰- ۱۰۵ روز پس از کاشت) محاسبه شد(Coelho & Dale, 1980).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

کلاس بافتی	رس (%)	سیلت (%)	نیتروژن کل (%)	شن (%)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	کربن	قابلیت هدایت الکتریکی $EC\times10^3$ (dS/m)	رطوبت اشباع %	pH	آهن قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	روی قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	منگنز قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	مس قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	آهک (%)
لومی	۲۶	۴۸	۰/۰۴	۱۶	۲۸۰	۰/۴۰۱	۱/۹۲	۴۰	۸/۱۵	۲/۶	۰/۵۰	۴/۶	۰/۶۲	۴/۸	۲۹

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در جداول ۲و۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۲ مشاهده می شود که تنش بطور معنی‌دار باعث کاهش عملکرد دانه در بوته های ذرت شد ($P < 0.01$). تنش کم آبی در ۶۶FC٪ و ۳۳٪ FC به ترتیب باعث کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۳/۸۶٪ و ۴۳/۲۷٪ نسبت به شاهد شد بررسی‌ها نشان میدهد که تاثیر میکوریزا بر عملکرد دانه نیزمعنی‌دار است($P < 0.01$) (جدول ۲). حداکثر میزان افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد را بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* (۶۰/۶۷٪افزایش) داشتند(جدول۳). گونه دیگر مورد بررسی میکوریزا در این تحقیق نیز موجب افزایش عملکرد دانه به میزان۲۷/۷۳٪ نسبت به شاهد شد. به دلیل افزایش هدایت روزنه ای در گیاهان میکوریزایی رشد ریشه ها و جذب آب و مواد غذایی افزایش می یابد که منجر به افزایش عملکرد در این گیاهان می شود. این نتایج توسط Auge et al. (2004) نیز به دست آمد. نتایج بررسی نشان داد که تنش کم آبی و تلقیح با میکوریزا و همچنین اثرات متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر روی شاخص برداشت از نظر آماری معنی‌دار بود(جدول۲)(شکل۱). همانگونه که از نتایج جدول ۲مشخص می شود تنش کم آبی تاثیر معنی‌داری بر مقدار کارآیی مصرف آب در مقایسه با شرایط بدون تنش (شاهد) داشت ($P < 0.01$). مقدار کارآیی مصرف آب در شرایط تنش متوسط (۶۶٪ FC) و تنش شدید (۳۳٪ FC) به ترتیب به میزان ۱۹/۸۶٪ و ۲۳/۸۴٪ نسبت به شاهد (۱۰۰٪ FC) افزایش یافت. Aliabadi Farahani et al. (2008) نیز چنین نتایج مشابهی را بر روی گیاه گشنیز گزارش کردند، این محققین دلیل افزایش کارآیی مصرف آب را تحت شرایط تنش کم آبی اینطور بیان کردند که گیاهان در این شرایط برگ‌های اضافی را از دست می‌دهند و سطح برگی را کاهش می دهند و به خاطر کاهش هدرروی آب از طریق تبخیر و تعرق روزنه-های خود را به صورت بسته یا نیمه باز قرار قرارمی‌دهند، در نتیجه گیاه از آب مصرفی برای تولید ماده خشک استفاده می‌کند که این امر موجب افزایش کارآیی مصرف آب می شود.

نتایج حاصل از تاثیر قارچ‌های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیحی اثر معنی‌داری بر این صفت داشت ($P < 0.01$) (جدول ۲). مقدار کارآیی مصرف آب در بذور تلقیح یافته با گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* به ترتیب به میزان ۵۰/۷۳٪ و ۳۰/۱۴٪ نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول۳). نتایج آزمایشات بر روی گندم نشان می‌دهد که گیاهان میکوریزایی به ازای تولید هر واحد ماده خشک آب کمتری مصرف می‌کنند بنابراین WUE بالاتری دارند (Ghazi & Karaki,1998). این محققین مهم ترین دلایل افزایش WUE را در گیاهان میکوریزایی این گونه بیان نمودند: الف) میکوریزا توان گیاه را برای جذب بیشتر رطوبت و عناصر غذایی افزایش داده و پی‌آمد آن روزنه‌ها بیشتر باز خواهند ماند و تولید ماده خشک افزایش می یابد ب) هدایت هیدرولیکی ریشه در گیاهان میکوریزایی افزایش یافته و آب با راندمان بالاتری منتقل می‌شود. ج) گیاهان میکوریزایی بیوماس ریشه بیشتری تولید می نمایند. د) بهبود جذب عناصر غذایی، راندمان انتقال آب و فتوسنتز را در گیاهان میکوریزایی افزایش می‌دهد.Miller (2000) نیز گزارش داد که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی WUE افزایش می یابد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ‌های میکوریزا در شرایط کم آبی‌درصد کلونیزاسیون

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه در هکتار	شاخص برداشت	کارآیی مصرف آب (WUE)	سرعت رشد نسبی (RGR)	سرعت رشد محصول (CGR)	شاخص سطح برگ (LAI)	تجمع ماده خشک (TDM)	ریشه
بلوک	۲	۱۸/۰۲۴**	۰/۱۲۸ns	۰/۳۳۷*	۰/۰۰۱۴ns	۴/۶۲ns	۰/۱۳ns	۶۷۴۲/۷۱**	۳/۵۹ns
تنش کم آبی	۲	۳۹/۸۱**	۰/۷۹۷**	۰/۳۳۵*	۰/۰۰۱۵ns	۳۵/۵۶*	۰/۰۶ns	۲۵۳۵۳/۴۲**	۷۹۶/۹۲**
خطا	۴	۰/۶۰	۰/۰۱۹	۰/۰۳۶	۰/۰۰۱۳	۳/۱۲	۰/۱۱	۱۲۸/۸۶	۲/۹۸
میکوریزا	۲	۲۹/۴۰**	۰/۱۳۹*	۱/۰۸۷**	۰/۰۰۱۱**	۲۹/۰۵**	۰/۱۸**	۲۷۱۰۱/۷۸**	۱۱۷۰۸/۹۲**
تنش کم آبی× میکوریزا	۴	۰/۹۶ns	۰/۱۲۹*	۰/۰۵۹*	۰/۰۰۱۲ns	۱۰/۶۰**	۰/۰۱*	۳۵۶/۹۰ ns	۲۱۵/۳۱**
خطا	۱۲	۱/۰۹۳	۰/۰۲۸	۰/۰۲۱	۰/۰۰۱۱	۱/۴۱	۰/۰۰۴	۵۶۲/۲۰	۴/۰۱
ضریب تغییرات(درصد)		٪۱۳/۵۶	٪۲۲/۱۰	٪۱۸/۲۹	٪۱۳/۸۴	٪۱۶/۹۲	٪۱۲/۲۸	٪۱۸/۴۵	٪۱۴/۸۵

*و** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪و۱٪

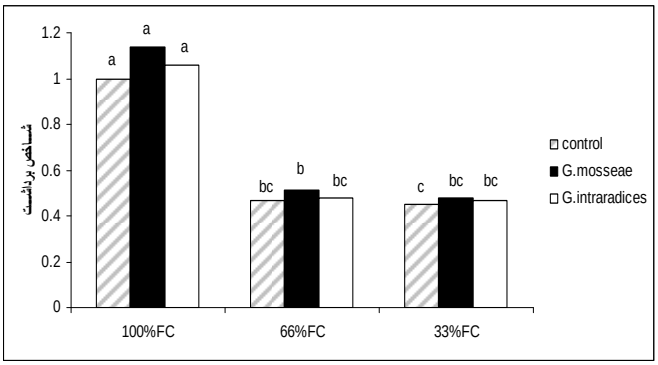
جدول ۳ – مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت تحت تاثیر استفاده از قارچ‌های میکوریزا در شرایط کم آبی

تیمار	عملکرد دانه (تن درهکتار)	شاخص برداشت	کارآیی مصرف آب(WUE) (کیلوگرم بر مترمکعب)	سرعت رشد نسبی (RGR) (گرم بر گرم در روز)	سرعت رشد محصول (CGR) (گرم بر مترمربع در روز)	شاخص سطح برگ (LAI)	تجمع ماده خشک (TDM) (گرم در بوته)	درصد کلونیزاسیون ریشه
تنش کم آبی								
FC٪۱۰۰ (بدون تنش آب)	۹/۵۲ a	۱/۰۷ a	۱/۵۱ a		۱۸/۵۴ a		۳۲۹/۷ a	۳۳ c
FC٪۶۶ (تنش متوسط)	۸/۲۰ a	۰/۷۰ b	۱/۸۱ a		۱۸/۹۳ a		۲۸۷/۹ a	۳۹/۵۶ b
FC٪۳۳ (تنش شدید)	۵/۴۰ b	۰/۴۸ b	۱/۸۷ a		۱۴/۹۱ a		۲۲۴/۳ a	۵۱/۵۶ a
lsd٪۵	۱/۷۵	۰/۳۱	۰/۴۳		۴/۰۴		۳۶۱	۳/۹۱
میکوریزا								
شاهد:M_0	۵/۹۵ b	۰/۸۸ a	۱/۳۶ c	۰/۰۴۵ a	۱۵/۷۳ b	۲/۷۸ c	۲۲۳/۴ a	۰ c
M_1: *Glomus mosseae*	۹/۵۶ a	۰/۷۱ a	۲/۰۵ a	۰/۰۵۷ a	۱۹/۲۰ a	۳/۰۷ a	۳۳۲/۹ a	۶۶/۲۲ a
M_2: *Glomus intraradices*	۷/۶۰ a	۰/۶۴ a	۱/۷۷ b	۰/۰۵۲ a	۱۶/۶۵ b	۲/۹۴ b	۲۸۵/۶ a	۵۷/۸۹ b
lsd٪۵	۱/۸۶	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۰۵۶	۲/۱۱	۰/۱۱	۲۹۲/۹	۳/۵۶

میانگین هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ هستند.

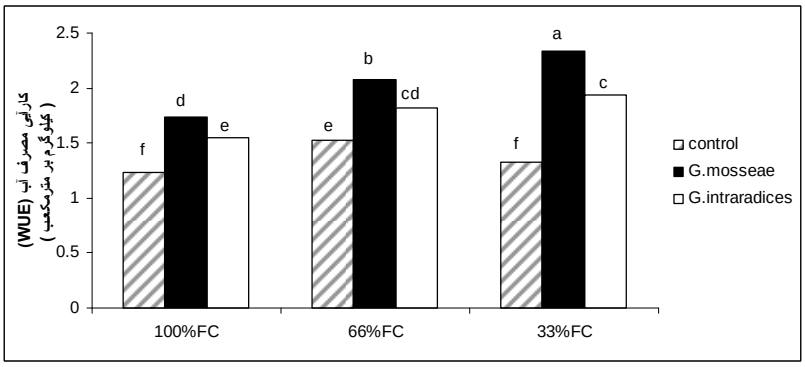
Bolandnazar et al. (2007) نشان دادند که همزیستی با میکوریزا در پیاز کارآیی مصرف آب را افزایش داد آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآیی مصرف آب در گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا متفاوت است به طوری که: شاهد>*G. etunicatum*>*G. versiforme*>*intraradices*، این محققین معتقدند که افزایش هدایت روزنه ای و باز و بسته شدن روزنه ها در گیاهان میکوریزایی رشد ریشه ها و جذب آب و مواد

غذایی را افزایش می دهد که منجر به افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب در گیاه می شود این نتـایج توسـط Auge et al. (2004) نیز به دست آمدند. هم چنین آن‌ها معتقدند که تفاوت بین گونه هـای مختلـف قـارچ هـای میکوریزا در افزایش کارآیی مصرف آب بـه علـت تفـاوت آن‌ها در تولید میسیلیوم های خارجی می‌باشدکه امکـان دسترسی گیاه به منابع بیشـتری از آب ذخیـره شـده در خاک را فراهم می‌کند این نتـایج توسـط Fitter (1986) گزارش شد. Aliabadi Farahani et al. (2008) نیز دلیل افـزایش کـارآیی مصـرف آب از طریـق همزیسـتی بـا میکوریزا را در افزایش جذب فسـفر دانسـتند کـه باعـث افزایش عملکرد بیولوژیـک و در نتیجـه افـزایش کـارآیی مصرف آب می شود.



شکل ۱- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا برشاخص برداشت

محققان دیگر نیز گزارش دادند کـه WUE درگیاهـان همزیست با میکوریزا در مقایسه با گیاهان غیر همزیست بیشـتر مـی باشـد (Nagarathna et al., 2008). تـأثیر متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر روی کارآیی مصـرف آب نیز از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$) (جـدول ۲). بیشترین کارآیی مصـرف آب در شـرایط FC ۳۳٪ و همزیستی با گونه *G. mosseae* بـه میـزان ۲/۳۴Kg/m^3 به دست آمد و کمترین کـارآیی مصـرف آب بـه میـزان ۱/۲۳Kg/m^3 در شرایط FC۱۰۰٪ و بدون همزیستی بـا میکوریزا به دست آمد (شکل۲).

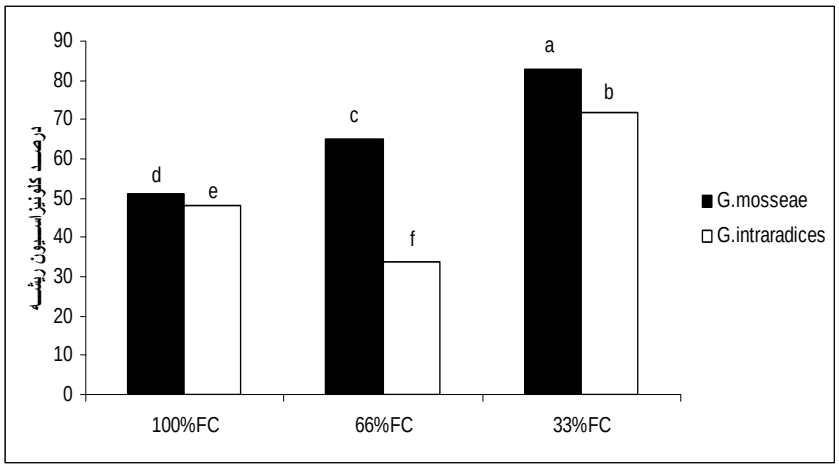


شکل ۲- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر کارآیی مصرف آب

Khan et al. (2003) گـزارش کردنـد کـه تحـت تـأثیر تلقیح با میکوریزا در *Avena sativa* (یولاف) تحت رژیم هـای رطـوبتی FC۵۰٪ و FC ۱۰۰٪ عملکـرد و WUE افزایش یافت . نتایج حاصل از تأثیر تـنش کـم آبـی بـر میزان کلونیزاسـیون ریشـه در ذرت در جـدول ۲ نشـان داده شده است. همانگونه که از نتایج جدول ۲ مشـخص مـی شـود تـنش‌کـم آبـی تـأثیر معنـی‌داری بـر مقـدار کلونیزاسیون ریشه در مقایسـه بـا شـرایط بـدون تـنش (شاهد) داشت ($P<0.01$). درصد کلونیزاسیون ریشـه در شـرایط تـنش متوسـط (FC ۶۶٪) و تـنش شـدید (

۳۳٪FC) بـه ترتیـب بـه میـزان۳۹/۵۶٪ و ۵۱/۵۶٪ محاسبه شد. با توجه به جدول ۲ مشاهده مـی‌شـود کـه اختلاف بین درصد کلونیزاسیون ریشـه بـین گونـه‌هـای مورد مطالعه قارچ‌های میکوریزا از نظر آماری معنـی‌دار بود ($P < 0.01$). نتایج حاصل از مقایسات میانگین بـین گونه ها نشان داد که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه به گونه *G. mosseae* تعلق دارد بـه میـزان (۶۶/۲۲٪) و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه متعلـق بـه گونـه *G. intraradices* می باشد به میزان (۵۷/۸۹٪) (جـدول۳).

تاثیر متقابل تنش کم آبـی و میکـوریزا بـر روی درصـد کلونیزاسیون ریشه نیز از نظر آماری معنی‌دار بـود ($P < 0.01$) (جدول ۲). بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در شرایط FC ۳۳٪ و همزیستی بـا گونـه *G. mosseae* بـه میـزان ۸۲/۶۷٪ بـه دسـت آمـد و کمتـرین میـزان کلونیزاسیون ریشه به میزان ۴۸٪ در شـرایط FC ۱۰۰٪ و همزیستی بـا گونـه *G. intraradices* بـه دسـت آمـد (شکل۳).

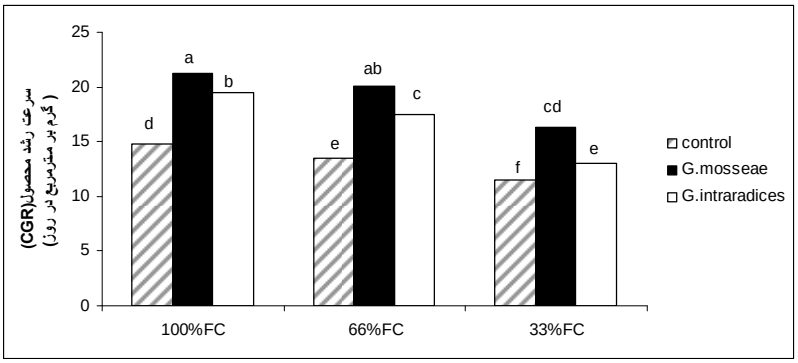


شکل۳- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه

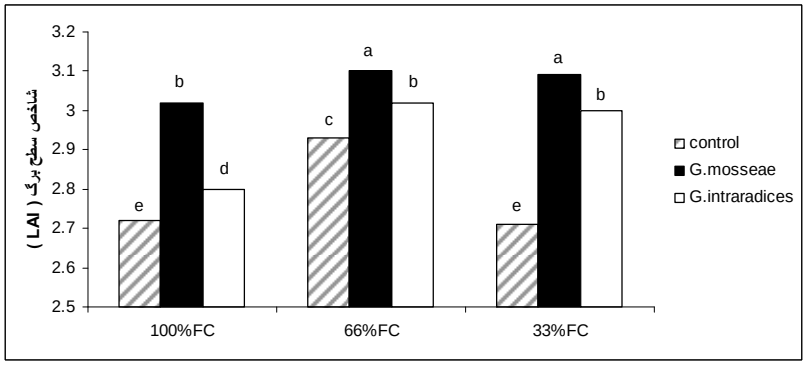
نتایج به دست آمده از درصد کلونیزاسیون ریشه تقریبا مشابه با نتایج کارآیی مصرف آب در شـرایط تـنش کـم آبـی و همزیسـتی بـا قـارچ هـای میکـوریزا مـی باشـد، همانگونه که مشاهده می شود بیشترین میـزان کـارآیی مصرف آب مربوط است به تیمـار FC ۳۳٪ و همزیسـتی بـا گونـه *G. mosseae* و بیشـترین میـزان درصـد کلونیزاسیون ریشه نیز مربوط به همین تیمار می باشـد. در نتیجه در شرایط تـنش شـدید درصـد کلونیزاسـیون ریشه ذرت بیشتر می باشد که این امر منجر به افـزایش رشد و افزایش کارآیی مصـرف آب در ایـن شـرایط مـی شـود. Ruiz Lozano et al. (1995) در تحقیقـی نشـان دادند که میزان کلونیزاسـیون گونـه *G. deserticola* در مقایسه با گونه *G. etanicatum* بیشتر بود و ایـن گونـه سازگاری بیشتری بـا شـرایط اسـترس خشـکی از خـود نشان داد و در نهایت منجر به افـزایش رشـد در شـرایط استرس خشکی و افـزایش کـارآیی مصـرف آب در ایـن شرایط شد. با توجه به جدول۲، تأثیر تنش کـم آبـی بـر سرعت رشد محصول از نظر آماری معنی دار بـود ($P < 0.05$). همچنین نتایج حاصل از تأثیر قارچ‌های میکوریزا برسرعت رشد نسبی بیـانگر آن اسـت کـه کـاربرد مـاده تلقیحی اثر معنی داری بر این صفت داشـت ($P < 0.01$) (جدول ۲). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد قارچهـای میکوریزا و تأثیر متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر روی سرعت رشد محصول نیز از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$) (جـدول ۲).بیشـترین میـزان سـرعت رشـد محصول در شرایط بدون تنش و همزیستی با گونـه *G. mosseae* و کمترین میـزان سـرعت رشـد محصـول در شـرایط تـنش شـدید (۳۳٪FC) و عـدم همزیسـتی بـا میکوریزا به دست آمد(شکل۴).

با توجه به جدول۲، تأثیر قارچهای میکوریزا بر شاخص سطح برگ بوته‌های ذرت از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$). Thakur et al. (1997) نیزگزارش کردند که در

گیاه لوبیا میکوریزا باعث افزایش در شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد. تأثیر متقابل تنش کم آبی و میکوریزا بر روی شاخص سطح برگ نیز از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.05$) (جدول ۲) (شکل ۵).



شکل ۴- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر سرعت رشد محصول



شکل۵- اثر متقابل سطوح تنش کم آبی و قارچ های میکوریزا بر شاخص سطح برگ

نتایج همچنین نشان داد که تجمع ماده خشک (TDM) نیز به طور معنی داری تحت تأثیر تنش کم آبی و تلقیح با قارچ‌های میکوریزا قرار گرفت($P < 0.01$) (جدول۲). ضرایب همبستگی بین صفات ذرت تحت تأثیر تنش کم آبی و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا در (جداول ۴، ۵ و ۶) نشان داده شده است. در شرایط عدم تنش ، تنش متوسط و تنش شدید و همزیستی با قارچ-های میکوریزا (گونه*Glomus mosseae* و گونه *Glomus intraradices*) همبستگی میان عملکرد دانه با شاخص برداشت به ترتیب r= ۰/۸۹، r=۰/۹۳ و r=۰/۹۸ به دست آمد. این امر نشان دهنده آن است که افزایش عملکرد دانه می تواند یک راه مؤثر در افزایش شاخص برداشت باشد. در شرایط تنش شدید و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا همبستگی مثبت و بالایی میان عملکرد دانه و شاخص برداشت به میزانr=۰/۹۸ به دست آمد (جدول ۶) که نشان دهنده این مطلب است که افزایش شاخص برداشت در اثر همزیستی با میکوریزا در شرایط تنش شدید به دلیل افزایش عملکرد دانه در ذرت می باشد. همبستگی بالا بین کارآیی مصرف آب و عملکرد دانه در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا (r=۰/۷۷ ، r=۰/۹۶ و r=۰/۹۸) بیان می‌کند که بیش از ۹۰ درصد از آب مصرفی را در این شرایط عملکرد دانه می پوشاند.

میکوریزا در شرایط استرس خشکی از طریق گسترش انشعاب هیف های خود به داخل خاک میزان جذب آب را افزایش می‌دهد و آب کافی را برای فعالیت های فیزیولوژیکی در گیاهان فراهم می‌کند (Smith & Read, 1997)، این نتایج توسط محققان دیگر نیز تأیید شده است (Subramanian et al., 1997). با توجه به جداول۴، ۵ و ۶ همبستگی بالایی بین درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب مشاهده شد. به

این ترتیب که همبستگی بین درصد کلونیزاسیون ریشه و کارایی مصرف آب در در شرایط عدم تنش ، تنش متوسط و تنش شدید و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا به ترتیب به میزان۷۷ /۰=r ، ۰/۸۳=r و۰/۸۶=r مشاهده شد. همبستگی مثبت و بالا بین درصد کلونیزاسیون ریشه و شاخص سطح برگ (LAI) و همچنین همبستگی بالا بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ (LAI) بیانگر این مطلب است که همزیستی میکوریزایی با افزایش LAI سطح فتوسنتز کننده گیاه را افزایش می‌دهد و در نتیجه گیاهانی با شاخص سطح برگ بالاتر توان تولیدی بیشتری دارند و عملکرد دانه بیشتری تولید می کنند. گزارشات زیادی مبنی بر افزایش نیتروژن گیاه در نتیجه استفاده از قارچ‌های میکوریزا وجود دارد و عاملی همچون نیتروژن شاخص سطح برگ را در گیاه افزایش می‌دهد و موجب بالا رفتن میزان تولید ماده خشک در گیاه خواهد شد (Hay & , 1989 walker). نتایج همچنین نشان داد که همبستگی مثبت و بالا بین درصد کلونیزاسیون ریشه و سرعت رشد محصول(CGR) در شرایط عدم تنش ، تنش متوسط و تنش شدید و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا به ترتیب به میزان۰/۷۵=r ، ۰/۹۳=r و ۰/۸۳=r به دست آمدکه نشان دهنده این مطلب است که افزایش سرعت رشد محصول در اثر همزیستی با میکوریزا در شرایط تنش کم آبی به دلیل بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه می باشد (Wu et al., 2008).

جدول ۴- ضرایب همبستگی میان برخی صفات ذرت در شرایط عدم تنش (FC ۱۰۰٪) و همزیستی با قارچ های میکوریزا

	شاخص برداشت	سرعت رشد محصول	شاخص سطح برگ	سرعت رشد نسبی	تجمع ماده خشک	عملکرد دانه	کارآیی مصرف آب	درصد کلونیزاسیون ریشه
شاخص برداشت	۱							
سرعت رشد محصول	۰/۸۰۷	۱						
شاخص سطح برگ	۰/۶۵۶	۰/۵۱۱	۱					
سرعت رشد نسبی	۰/۷۰۸	۰/۹۷۲**	۰/۵۵۸	۱				
تجمع ماده خشک	۰/۷۶۹	۰/۸۳۰*	۰/۶۴۱	۰/۸۷۷*	۱			
عملکرد دانه	۰/۸۹۲*	۰/۸۶۶*	۰/۶۸۰	۰/۸۶۴*	۰/۹۷۵**	۱		
کارآیی مصرف آب	۰/۷۷۵	۰/۸۲۷*	۰/۶۴۵	۰/۸۷۱*	۰/۸۸۹	۰/۷۷۷	۱	
درصد کلونیزاسیون ریشه	۰/۴۴۶	۰/۷۵۲	۰/۴۵۱	۰/۹۴۶**	۰/۹۳۸**	۰/۹۲۹**	۰/۷۷۶	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۵- ضرایب همبستگی میان برخی صفات ذرت در شرایط تنش متوسط (FC ۶۶٪) و همزیستی با قارچ های میکوریزا

	شاخص برداشت	سرعت رشد محصول	شاخص سطح برگ	سرعت رشد نسبی	تجمع ماده خشک	عملکرد دانه	کارآیی مصرف آب	درصد کلونیزاسیون ریشه
شاخص برداشت	۱							
سرعت رشد محصول	۰/۲۱۳	۱						
شاخص سطح برگ	۰/۷۱۳	۰/۷۸۰	۱					
سرعت رشد نسبی	۰/۳۹۰	۰/۹۳۶**	۰/۸۱۲*	۱				
تجمع ماده خشک	۰/۸۰۶	۰/۷۳۱	۰/۹۷۴**	۰/۸۲۷*	۱			
عملکرد دانه	۰/۹۳۹**	۰/۵۲۷	۰/۹۰۲*	۰/۶۶۵	۰/۹۵۹**	۱		
کارآیی مصرف آب	۰/۸۱۴*	۰/۷۲۴	۰/۹۶۵**	۰/۸۱۵*	۰/۹۹۸**	۰/۹۶۱**	۱	
درصد کلونیزاسیون ریشه	۰/۷۶۲	۰/۹۳۶**	۰/۹۰۳*	۰/۸۸۵*	۰/۸۴۵*	۰/۷۰۹	۰/۸۳۲*	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

همچنین همبستگی مثبت و بالا بین CGR و عملکرد دانه در این آزمایش مشاهده شد(جداول۴،۵و۶)، که به نظر می رسد دلیل آن افزایش فراهمی مواد فتوسنتزی بوده که خود باعث حرکت بیشتر مواد

فتوسنتزی به دانه‌ها شده است. با توجه به نتایج به دست آمده استنباط می‌شود که همبستگی مثبت و قوی بین درصد کلونیزاسیون ریشه ، عملکرد دانه، تجمع ماده خشک و کارآیی مصرف آب وجود دارد، از آنجا که جذب بهتر عناصر غذایی منوط به وجود سیستم ریشه ای گسترده است همزیستی با قارچ‌های میکوریزا منجر به بهبود سیستم ریشه ای،حاصلخیزی خاک و متعاقباً جذب بهتر عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه شده است. و در نتیجه در بهبود کیفیت و عملکرد گیاه ذرت تأثیرمثبتی داشته است.

جدول۶- ضرایب همبستگی میان برخی صفات ذرت در شرایط تنش شدید (FC ۳۳٪) و همزیستی با قارچ های میکوریزا

	شاخص برداشت	سرعت رشد محصول	شاخص سطح برگ	سرعت رشد نسبی	تجمع ماده خشک	عملکرد دانه	کارآیی مصرف آب	درصد کلونیزاسیون ریشه
شاخص برداشت	۱							
سرعت رشد محصول	۰/۹۶۶**	۱						
شاخص سطح برگ	۰/۵۲۶	۰/۶۹۹	۱					
سرعت رشد نسبی	۰/۶۷۰	۰/۷۶۵	۰/۹۱۵*	۱				
تجمع ماده خشک	۰/۹۵۰**	۰/۹۹۱**	۰/۷۴۸	۰/۸۰۶	۱			
عملکرد دانه	۰/۹۸۹**	۰/۹۹۲**	۰/۶۲۵	۰/۷۱۷	۰/۹۸۳**	۱		
کارآیی مصرف آب	۰/۹۴۹**	۰/۹۹۰**	۰/۷۵۲	۰/۸۱۱	۰/۹۹۷	۰/۹۸۲**	۱	
درصد کلونیزاسیون ریشه	۰/۷۶۶	۰/۸۳۱*	۰/۸۶۳*	۰/۹۸۸**	۰/۸۶۱*	۰/۷۹۷	۰/۸۶۵*	۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که تنش کم آبی میزان تجمع ماده خشک در طی فصل رشد ذرت را تحت تأثیر قرار داد. در تمامی نمونه برداری‌ها میزان وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته در شرایط FC ۶۶٪ و FC ۳۳٪ کمتر از شرایط FC۱۰۰٪ می باشد. استفاده از قارچ‌های میکوریزا تحت شرایط تنش کم آبی در مزرعه می‌تواند در افزایش عملکرد و افزایش کـــارآیی مصـــرف آب مؤثر باشد. در شرایط عدم تنش، تنش متوسط و تنش شدید و همزیستی با قارچ‌های میکوریزا، نتایج همبستگی بالایی بین درصد کلونیزاسیون ریشه با کارآیی مصرف آب، عملکرد دانه و تجمع ماده خشک (TDM) را نشان داد. در مقایسه دو گونه *G. mosseae* و *G. intraradices*نشان داده شد که گونه *G. mosseae* تأثیر بیشتری بر روی عملکرد و شاخص های رشد در ذرت نسبت به گونه *G. intraradices* دارد .

REFERENCES

1. Acquaah, G. (2002). Principals of Crop production (theory, technical and technology). *Prentice- Hall of India, New Delhi,* PP:460.
2. Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, H., Hussein, M., Shiranirad, A.,Valadabadi, A. and Daneshian, J. (2008). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi different levels of phosp-horus and drought stress on water use efficiency relative wate content and praline ac- cumulation rate of coriander *(Coriandrum Sativum L.). Journal of Medicinal Plants Research,* 2(6), 125-131.
3. Al-Karaki, G. N., McMichael, B., Zak, J. (2004). Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza,* 14, 263-269.
4. Auge, R. M., Duan, X., Ebel, R.C., Stodola, A.J.W. (2001). Nonhydraulic signaling of soil drying in mycorrhizal maize. *Planta*, 193,74-82.
5. Auge,R. M., Moore,J. L., Sylvia,D.M., Cho,K. (2004). Mycorrhizal promotion of host stomatal conductance in relation to irradiance and temperature. *Mycorrhiza,* 14, 85-92
6. Auge, R. M., Schekel, K. A., Wample, R.l. (1986). Greater leaf conductance of well-watered VA mycorrhizal rose plants is not related to phosphorus nutrition. *New phytologist,* 103, 107-116.
7. Auge, R. M., Stodola, A. J. W., Tims, J. E., Saxton, A. M. (2001). Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil*, 230,87-97.

8. Bolandnazar, S., Aliasgarzad, N., Neishabury, M. R. and Chaparzadeh, N. (2007). Mycorrhizal colonization improves onion *(Allium cepa l.)*yield and water use efficiency under water deficiet condition. *Scientia Horticulturae,* 114, 11-15.
9. Coelho, D. T. & Dale, R. F. (1980). An energy-crop growth variable and temperature function for prediction corn growth and development. *Planting to Silking. Agron. J,* 72, 503-510.
10. Davies, J. r. F. T., Puryear, J.D., Newton, R. J., Egill, J. N., Grossi, J. A. S. (2001). Mycorrhizla fongi enhance accumulation and tolerance of chromium in sunflower. *Journal of Plant Physiology,* 158, 777-786.
11. Driver, J. D., Holben, W. E., Rillig, M. C. (2005). Characterization of glomalin as a hyphal wall component of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 101-106.
12. Elsen,T. V. (2000). Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*,77, 101-109.
13. Elwan, L. M. (2001). Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. *Zagazig Journal of Agricultural Research,* 28, 162-172.
14. Fitter, A. H. (1986). Effect of benomyl on leaf phosphorus concentration in alpine grasslads: A test of mycorrhizal benefit. *New Phytol,* 103, 767-776.
15. Ghazi, N & Karaki, AL. (1998). Benefit Cost and Water use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress..*Mycorrhizae,* 8, 41-45.
16. Hay, R. K. M. & walker, A. J. (1989). An introduction to the physiology of crop yield. *Longman, Essen.GB,* 292 P.
17. Hajrasouliha,sh., Behran,sh & Mokhtarzade, E. A. (1982). Application fast method of soil moisture duration for some of iran soils. *Iranian Journal of Agriculture Sciences,* 13, 30-38.(In Farsi)
18. Jakobsem, I., Abbott, L.K., Robson, A. D. (1992). External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with trifolium subterraneum. L. 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow inflow roots. *New phytologist*, 120, 371-380.
19. 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.
20. Khan, I. A ., Ahmad, Sh., Mirza, S. (2003). Yield and water use efficiency of *Avena Sativa* as influenced by vesicular arbuscular mycorrhizae(VAM). *Asian Journal of Plant sciences,* 2(4), 371-373.
21. Marulanda, A., Azcon, R., Ruiz-Lozano, J. M. (2003). Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungi isolates to water uptake by Lactuca sativa plants under drought stress. *Physiologia Plantarum.* 119, 525-533.
22. Mc Gonigle, T., Miller, M., Swan, J. (1990). A new method that gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscalar mycorrhizal Fungi. *New phytol,* 115, 495-501.
23. Miller, M. H. (2000). Arbuscular Mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: Areview of guelph studies. *Canadian Journal of Plant Science,* 80, 47-52.
24. Nagarathna, T.K., Prasad, T.G., Bagyaraj, D. J. and Shadakshar, Y.G.i. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza & phosphorus levels on growth & water use efficiency in sunflower at different soil moisture stress. *Journal of Agricultural Technology,* 3(2), 221-229.
25. Phillips, J. M., Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc,* 55, 158-161.
26. Quilambo, O. A. (2000). *Functioning of peanut under nutrient deficiency and drouyht stress in relation to symbiotic associared*. P h D Thesis university of Groningen. The Netherlands.
27. Rillig, M. C. (2004). Arbuscular mycorrhizae, glomalin and soil aggregation. *Canadian Journal Soil Sciences*, 84, 355–363.
28. Ruiz-lozano, J. M., Azcon, R. (1996). Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in leltuce plants. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 60, 175-181.
29. Ruiz-Lozano, J. M., Azcon, R. & Gomez, M. (1995). Effect of arbuscular mycorrhiz- *Glomus* Species on drought tolerance: physiological and Nutritional plant Respo- nses. *Applied and environmental microbiology,* 456-460.
30. Ruiz-lozano, J. M., Azcon, R., Gomcz, M. (1996a). Alleviation of salt stress by arbuscular Mycorrhizal Glomus Species in Lactuca Sativa plnts. *Physioliaog Plantarum.* 98,767-772.
31. Smith, S.E. & Read, D. J. (1997). *Mycorrhizal symbiosis* , 2nd end. Academic press, New York.
32. Smith, S. E., Read, D. J. (2008*). Mycorrhizal Symbiosis*, 3nd ed. Academic Press.
33. Song, H. (2005). Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. *Electronic Journal of Biology*.1, 44-48.

34. Subramanian, K. S., Charest, C ., Dwyer, L. & Hamilton, R. I. (1997). Effects of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential sugur content and phosphorus content during drought and recovery of maize.*Canadian Journal of Botany,* 75, 1582-1591.
35. Thakur, A. K. and Panwar, 1. D. S. (1997). Response of Rhizobium vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in green gram*(phaseolus radiatus) .Ind.J.Agric.Sci,* 67(6), 245-248.
36. Wu, SC., Cao, ZH., Lisk, ZG., Chenng, C. and Wong, MH. (2005). Effect of biofertilizers containing N-Fixer,P and k solubizers and AM Fungi on mize growth:agreenhouse trial.*Geoderma,* 125, 155-166.
37. Zahra I. T., Loynachan T. E. (2003). Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. *Agronomy Journal,* 95(1), 224-230.