تأثیر میکوریزا (*Glomus intraradices*) و سطوح مختلف روی بر صفات مورفولوژیک و زراعی ذرت (*Zea mays*) در سطوح مختلف رطوبت خاک

نورعلی ساجدی[1]، امیر حسین شیرانی راد [2]، عبدا.. ساجدی[3] و هادی خانمحمدی[4]

چکیده

به منظور مطالعه اثر قارچ میکوریزا و سطوح مختلف عنصر روی بر برخی از صفات مورفولوژیک، زراعی و عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت شرایط مختلف رطوبت خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا شد. عوامل مورد مطالعه شامل آبیاری در سه سطح (آبیاری معادل نیاز آبی گیاه، آبیاری معادل ۷۵ درصد آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)، تلقیح قارچ میکوریزا در دو سطح (تلقیح با *G.intraradices* و بدون تلقیح) که در هنگام کاشت با بذر تلقیح گردید و روی از منبع سولفات روی در سه سطح (شاهد، ۲۵ کیلوگرم در هکتار و ۴۵ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی روی صفات زراعی و عملکرد دانه مؤثر بود. حداکثر عملکرد دانه ذرت در آبیاری شاهد به دست آمد. با کاربرد قارچ میکوریزا و سولفات روی به‌طور مجزا صفات مورد نظر افزایش یافتند. اثرات متقابل دوگانه قارچ و سولفات روی عملکرد دانه را افزایش داد. اثرات متقابل سه‌گانه تیمارها (آبیاری، قارچ و سولفات روی) موجب افزایش عملکرد دانه گردید به‌طوری‌که بیشترین مقدار صفات زراعی و عملکرد دانه با استفاده از اثر متقابل سه‌گانه تیمار آبیاری شاهد، ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و تلقیح با قارچ *G.intraradices* حاصل شد

واژه‌های کلیدی *:* تنش کم آبی، قارچ میکوریزا، سولفات روی، ذرت.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/٤/۱۰

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، اراک، ایران.

۲- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، اراک، ایران.

٤- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، عضو باشگاه پژوهشگران جوان، اراک، ایران.

مقدمه

ذرت از گیاهان مهم اقتصادی جهان است که محصول دانه و شاخ و برگ آن کاربرد وسیعی در صنایع داشته و به‌عنوان غذای انسان و طیور از اهمیت فراوانی برخوردار است (Mirhadi, 2001). به همین دلیل نسبت به افزایش سطح زیر کشت و هم‌چنین بهبود تکنیک زراعت آن اقداماتی اساسی به عمل آمده است (Emam, 2004). خشکی در ایران پدیده‌ای اجتناب ناپذیر است که همه ساله با شدت متفاوتی تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبرو می‌سازد. رشد گیاه بسته به مرحله‌ای که گیاه در آن بسر می‌برد، تحت تاثیر تنش کم آبی قرار می‌گیرد. رشد حساس‌ترین فرایند نسبت به تنش آبی است و کمبود آب از راه تاثیر بر پارامترهایی نظیر هدایت هیدرولیکی بافت‌ها و خواص اسمزی یاخته، بر رشد اثر می‌گذارد (Abdel Rahman. and Hassanein. 2002). واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان با توجه به شدت تنش و طول دوره آن متغیر است. هنگامی که گیاه ذرت تحت شرایط تنش ملایم تا متوسط قرار می‌گیرد توسعه سلولی آن کاهش می‌یابد. این امر منجر به کاهش توسعه سطح برگ، کاهش رشد کاکل‌ها و سپس کاهش طویل شدن ساقه می‌شود. با تشدید تنش، کاهش رشد ریشه نیز به وقوع می‌پیوندد (Laffitte and Edmeades, 1955). ولدآبادی (Valadabadi, 2009) گزارش نمود که در نتیجه تنش خشکی تعداد برگ، طول برگ، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، وزن علوفه تر و خشک، درصد پروتئین، عملکرد پروتئین، وزن بلال، وزن دانه‌های یک بلال، وزن هزار دانه، وزن چوب بلال، نسبت دانه به چوب بلال، عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که این کاهش با شدت تنش اعمال شده متناسب می‌باشد. در شرایطی که تنش خشکی در دوره پر شدن دانه بروز نماید، دانه‌ها کوچک‌تر و وزن آن‌ها کاهش می‌یابد. البته بیان شده که خشکی اثر مستقیم بر تجمع ماده خشک در دانه ندارد، بلکه از طریق کوتاه کردن دوره رشد مؤثر دانه باعث کاهش تجمع مواد در این بذر می‌شود. در شرایط تنش خشکی، انتقال مواد غذایی گیاه مختل می‌شود (Alizadeh, 2005).

برخی از قارچ‌های مفید خاکزی مانند قارچ میکوریزا با تشکیل کلونی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و عناصر غذایی، تولید در گیاهان زراعی تحت تنش را بهبود می‌بخشد (Al-(Karaki *et al*., 2004; Ramgat *et al*., 1999). نتایج مطالعات گلخانه‌ای نشان می‌دهد که تلقیح با قارچ میکوریزا تحمل به خشکی را در بسیاری از گیاهان از جمله گندم[1] ایلیس و همکاران (Ellis *et al*., 1985)، سویا[2] سفیر و همکاران (Safir *et al*., 1972)، پیاز[3] نلسون و سفیر (Nelson and safir, 1982)، شبدر قرمز[4] فیتر(Fitter, 1988) به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد.

بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه به وسیله قارچ‌های میکوریزا در خلال مدتی که گیاه با کم آبی مواجه است عامل افزایش مقاومت گیاه به‌وسیله خشکی معرفی شده است (Fitter, 1988).

عوامل دیگری نیز در این افزایش موثر هستند که از آن جمله می‌توان تغییر الاستیسیته برگ (Auge, 2001)، تغییر در هدایت هیدرولیکی ریشه (Nelson and Safir, 1982) و تنظیم روزنه‌های برگ (Auge, 2001) به‌وسیله قارچ‌های میکوریزایی را نام برد. قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را به وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق و کاهش مقاومت روزنه‌ای به‌وسیله تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد. این تغییر سبب بهبود تغذیه فسفری گیاهان میکوریزایی تحت تنش خشکی می‌شود (Elwan, 2001). علیزاده (Alizadeh, 2005) گزارش نمود که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به آبیاری مطلوب و تیمار قارچ میکوریزا بود که نسبت به تیمار مشابه و عدم تلقیح با قارچ میکوریزا افزایش ۲۳ درصدی را نشان داد. هم‌چنین استفاده از تیمار میکوریزا باعث افزایش نسبی ماده خشک اندام هوایی و ریشه شد. مطالعات ملکوتی و سپهری (Malekuti and Spehri, 2003) و موحد دهنوی و همکاران (Movahed Dehnavi *et al*., 2004) حاکی از آن است که مصرف کودهای ریزمغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی هم‌چون خشکی و شوری را افزایش دهد. بررسی

[1] *Triticum astivum*
[2] *Glycin max*
[3] *Alium cepa*
[4] *Triifolium repens*

محققان نشان داده است که در خاک‌های آهکی کمبود مواد آلی و وجود واکنش قلیایی به‌روز کمبود عناصر کم مصرف را در این خاک‌ها ممکن ساخته است (Allowy and Tills, 1984). کمبود روی یکی از متداول‌ترین مشکلات تغذیه‌ای گیاهان زراعی و باغی در خاک‌های آهکی است (Ramezanzadeh et al., 2007).

روی به عنوان بخش فلزی آنزیم‌ها در ساختمان آن‌ها و یا به عنوان فعال کننده شماری از آنزیم‌ها عمل می‌کند. عنصر روی در ساختمان چهار آنزیم گیاهی از جمله الکل دهیدروژناز، سوپراکسید دیسموتاز، کربنیک آنهیدراز، RNA پلی مراز، وجود دارد. هم‌چنین برای فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، آلدولاز، ایزومراز، ترانس فسفریلاز و DNA پلی‌مراز لازم است. آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز آنزیمی است که در کلروپلاست بوده و مس و روی در ساختمان آن به‌کار رفته است که در بر طرف کردن رادیکال آزاد اکسیژن تولید شده در اثر تنش خشکی نقش مهمی را ایفا می‌کند (Eslamzadeh and Kholdbarin, 2001). نقش روی در حفظ سلامت غشاها و مقاومت گیاهچه‌ها به بیماری‌های خاکزی مورد تائید قرار گرفته است. هم‌چنین روی سطوح اکسین (ایندول اسید استیک) را در گیاه تحت تاثیر قرار می‌دهد به طوری که کمبود آن موجب توقف رشد می‌شود. در اثر کمبود روی تشکیل اندام‌های نر و دانه گرده آسیب دیده، عمل گرده‌افشانی مختل و در نتیجه عملکرد به شدت پایین می‌آید. علت این امر کاهش مقدار ایندول اسیداستیک می‌باشد (Brown *et al*., 1993). کاکمک (Cakmak, 2000) گزارش نمود که کمبود روی یکی از مشکلات مزارع گندم ترکیه است به طوری که مصرف روی سبب ۵ تا ۱۵ درصد افزایش عملکرد گندم می‌شود. عزیززاده فیروزی و همکاران (Azizzadeh Firozi *et al*., 2004) گزارش نمودند کاربرد روی به‌صورت خاک مصرف و برگ‌پاشی موجب افزایش تعداد پنجه در بوته، طول برگ پرچم، عملکرد دانه، میزان ماده خشک، وزن هزار دانه و میزان روی در برگ گندم شد. یلماز و همکاران (Yilmaz *et al*., 1997) نیز افزایش تولید بیومس و عملکرد دانه در نتیجه مصرف روی در گندم را گزارش کردند.

هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر تلقیح با قارچ میکوریزا سویه *Glomus intraradices* و سطوح مختلف روی بر برخی صفات زراعی و عملکرد دانه ذرت تحت شرایط تنش کمبود آب می‌باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه که از مرحله چهار برگی (بعد از تنک مزرعه) تا پایان رشد اعمال شد. آبیاری در تیمار بدون تنش رطوبتی، معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. حجم آب مصرفی با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A محاسبه شد و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی، حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله آبیاری از رابطه پیشنهادی علیزاده (Alizadeh, 2005) تعیین گردید (۵).

$$V= PE\times KC\times A/Ei \qquad (۱)$$

در این معادله V: حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، PE: تبخیر از تشتک کلاسA، KC: ضریب گیاهی، A مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع و Ei : راندمان آبیاری (حدود ۸۰ درصد فرض شد) می‌باشد. آبیاری کرت‌ها به‌وسیله لوله‌های پلی اتیلن و حجم آب ورودی به کرت‌ها با کنتور آب کنترل شد. عنصر روی در سه سطح صفر، ۲۵ و ٤۵ کیلوگرم در هکتار و سولفات روی در زمان کاشت با فاصله ۵ سانتی‌متر در کنار و زیر بذر به صورت نواری مورد استفاده قرار گرفت. تلقیح با میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح با مصرف (حاوی۲۵۰ تا ۳۰۰ اندام فعال قارچ برای هر بذر) و بدون تلقیح با قارچ، که در هنگام کاشت با بذر تلقیح گردید. لازم به ذکر است که خاک نیز حاوی جمعیت بومی میکوریزا می‌باشد که تاثیر آن بر تیمارهای آزمایشی یکسان در نظر گرفته شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم در پاییز و دو دیسک عمود بر هم در اردیبهشت، ایجاد جوی و پشته و کرت بود. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کاشت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. طول خطوط کاشت شش متر و بین دو کرت دو خط به‌صورت نکاشت باقی ماند. کاشت در بیست و نهم اردیبهشت ماه ۱۳۸۵ انجام گرفت. از کودهای پایه به‌ترتیب به مقدار٤۰۰ کیلوگرم اوره، ۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و

۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار استفاده شد. یک سوم کود نیتروژن، تمام کود فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) در هنگام کاشت و بقیه کود نیتروژن طی دو مرحله (٦ تا ۷ برگی و دو هفته قبل از ظهور گل نر) در فصل رشد به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از زمین، قطر ساقه، طول بلال، قطر بلال، وزن هزار دانه عملکرد دانه و درصد کلونی‌زایی ریشه اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد از گرده‌افشانی ۱۰ گیاه انتخاب و ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از زمین و درصد کلونیزاسیون ریشه اندازه‌گیری شد. برداشت نهایی در چهاردهم مهرماه ۱۳۸۵ به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص شد، صوت گرفت. در برداشت نهایی ۱۰ بوته از وسط هر کرت به روش دستی برداشت شد. قطر ساقه از ۱۵ سانتی‌متری انتهای گیاه با کولیس اندازه‌گیری شد. قطر بلال نیز در بیشترین قسمت آن با کولیس اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن هزار دانه از دستگاه بذر شمار استفاده شد سپس وزن دانه‌ها با رطوبت ۱۵٪ با ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. عملکرد دانه در هکتار نیز با رطوبت ۱۵٪ تعیین شد.

جهت تعیین کلونی‌زایی، ابتدا ریشه‌ها به روش جیووانتی و موسه (Giovannetti and Mosse, 1980) رنگ‌آمیزی شدند. درصد کلونی‌زایی با روش Grid line intersect method تعیین شد.

تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS version 16 و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه و ارتفاع بلال

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری بر صفات ارتفاع بوته و ارتفاع بلال اثر معنی‌دار داشت (جدول ۲). تنش خشکی صفات ارتفاع بوته و ارتفاع بلال از زمین را نسبت به شاهد به ترتیب۰/٦۲ و ۲۳/۵۵ درصد کاهش داد (جدول ۳). این نکته بیانگر آن است که در تیمار شاهد، گیاه در شرایط مطلوب رطوبتی قرار داشته و زمینه لازم برای افزایش تعداد و اندازه سلول و در نتیجه رشد فراهم شده است. افزایش رشد اندام‌های هوایی در شرایط آبیاری نرمال به دلیل سهولت در جذب و انتقال ماده غذایی به اندام‌های هوایی، گسترش و تداوم بهتر سطح برگ و در نتیجه استفاده بهینه از تشعشعات خورشیدی بود. نتایج این تحقیق با نتایج الکاسی و زینهواین (Al–kaisi and Xinhua Yin, 2003) مطابقت دارد. به نظر می‌رسد در شرایط تنش ملایم تا متوسط توسعه سلولی کاهش یافته و این امر منجر به کاهش رشد و درنتیجه طویل شدن ساقه می‌شود.

ارتفاع گیاه بیشتر در مرحله رویشی تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد. کاهش ارتفاع در مرحله رویشی احتمالاً به دلیل کاهش سطح برگ، کاهش فتوسنتز، ساخت و انتقال مواد می‌باشد. بسیاری از محققین معتقدند که طویل شدن برگ و ساقه، حساس‌ترین فرایند گیاه در تنش کمبود آب در طول دوره رویشی است. نتایج این تحقیق با نتایج، لافیت و ادمیدز (Laffitte and Edmeades, 1995)، ولدآبادی (Valadabadi, 2009) و علیزاده (Alizadeh, 2005) مطابقت دارد. تلقیح قارچ میکوریزا بر روی صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از زمین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با تلقیح میکوریزا ارتفاع بوته و ارتفاع بلال از سطح زمین افزایش یافتند (جدول ۳). علت آن را می‌توان به تأثیر مثبت قارچ میکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم‌های قارچ در منافذ ریز خاک و افزایش انتقال آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر و هم‌چنین عناصر کم تحرک نظیر مس و روی به اندام‌های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه در اثر بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه و افزایش شدت فتوسنتز دانست. اثر متقابل آبیاری و تلقیح با قارچ میکوریزا بر ارتفاع بلال از زمین در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری و روی بر صفات مذکور اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). با این وجود در شرایط مطلوب رطوبتی (I_{100}) با افزایش٤۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از زمین افزایش یافتند. هم‌چنین در تیمار آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه (I_{75})، با افزایش٤۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی ارتفاع بلال از زمین افزایش یافت (جدول ٤). کاربرد سولفات روی در شرایط مطلوب رطوبتی نسبت به شاهد ارتفاع گیاه را افزایش داد اما در شرایط تنش کاربرد سولفات روی نسبت به عدم کاربرد، ارتفاع گیاه را کاهش داد. تأثیر متقابل قارچ میکوریزا و روی برصفات ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای

آزمایشی نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از اثر متقابل میکوریزا و ٤٥ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد (جدول ٤). اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که تیمارهای آزمایشی مستقل از هم عمل کرده‌اند.

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری بر قطر ساقه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین قطر ساقه مربوط به تیمار شاهد و کمترین قطر ساقه مربوط به آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج علیزاده (Alizadeh, 2005) مطابقت دارد. اثر اصلی میکوریزا و سولفات روی و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر قطر ساقه معنی‌دار نشد. قطر ساقه با تلقیح میکوریزا هم در شرایط مطلوب رطوبتی و هم در شرایط تنش ملایم افزایش یافت (جدول ٤).

اثر متقابل سه‌گانه آبیاری و روی و باکتری بر قطر ساقه معنی‌دار نشد. با این وجود بیشترین قطر ساقه (۲/۳۵ سانتی‌متر) از اثر متقابل سه‌گانه تیمار آبیاری شاهد + قارچ میکوریزا و بدون سولفات روی و هم‌چنین تیمار آبیاری شاهد + قارچ میکوریزا و ۲۵ کیلو گرم سولفات روی به‌دست آمد.

طول بلال و قطر بلال

ویژگی‌های بلال رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارند. نتایج نشان داد که اثرسطوح مختلف آبیاری بر طول بلال و قطر بلال در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی صفات طول بلال و قطر بلال را نسبت به شاهد به ترتیب ۲۱/۲۳و ۸/۷۵ درصد کاهش داد (جدول ۳). کاهش طول و قطر بلال در اثر تنش کمبود آب را می‌توان کاهش آهنگ رشد بلال که مقصد قوی برای مواد فتوسنتزی می‌باشند عنوان کرد. زیرا عرضه مواد فتوسنتزی تحت تنش رطوبتی کاهش می‌یابد. این نتایج با یافته‌های شوسلر و وستگیت (Schussler and Westgate, 1991) و سینکلیر (Sinclair *et al.*, 1990) مطابقت دارد که نشان دادند تنش رطوبتی ویژگی‌های بلال را تحت تاثیر قرار داد. از آن‌جایی که پتانسیل طول بلال در مرحله رویشی تعیین می‌شود بنابرین تنش اعمال شده در این مرحله باعث کاهش طول بلال شده است. کاهش قطر بلال احتمالاً به دلیل کاهش اندازه دانه در اثر کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه به واسطه تنش اعمال شده در مرحله زایشی می‌باشد. اثر ساده میکوریزا، روی و اثر متقابل آبیاری و میکوریزا، هم‌چنین آبیاری و روی برطول بلال و قطر بلال معنی‌دار نبود. اثر متقابل روی و میکوریزا بر قطر بلال در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین قطر بلال از اثر متقابل تلقیح میکوریزا و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد. اثر متقابل آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه (I_{75}) و افزایش٤٥ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، صفات طول و قطر بلال را نسبت به تیمار بدون سولفات روی و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی افزایش دادند (جدول ٤). اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر قطر بلال معنی‌دار نشد. اما تیمارها در گروهای مختلف قرارگرفتند. بیشترین طول بلال از تیمار آبیاری معادل نیاز آبی گیاه + تلقیح میکوریزا و سولفات روی و بیشترین قطر بلال از تیمار نیاز آبی گیاه + تلقیح میکوریزا + ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد (جدول ۵).

کلونی‌زایی میکوریزایی

سطوح مختلف آبیاری بر درصد کلونی‌زایی میکوریزایی ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۲). با این وجود بیشترین درصد کلونی‌زایی میکوریزایی ریشه از تیمار آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۳). اثر ساده میکوریزا و اثر متقابل میکوریزا و آبیاری بر درصد کلونی‌زایی میکوریزایی ریشه سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

تلقیح با میکوریزا، کلونی‌زایی میکوریزایی را نسبت به شاهد ۵۰/۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج خانام و همکاران (Khanam *et al.*, 2006) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش نمودند که بیشترین و کمترین کلونی‌زایی میکوریزایی در غلات در دو محل در بنگلادش به‌ترتیب ۵۹/۵ و٤٨/٧ درصد بود. اعمال تنش خشکی، کلونی‌زایی میکوریزایی را کاهش داد. با این وجود تلقیح با میکوریزا کلونی‌زایی میکوریزایی را هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش نسبت به تیمارهای مشابه و بدون تلقیح میکوریزا افزایش داد (جدول ٤). نتایج این تحقیق با نتایج علیزاده (Alizade,2005) سیلویا و همکاران (Sylvia *et al.*, 1993) و شاون و همکاران (Shawn *et al.*, 2000) مطابقت دارد. اثر ساده سولفات روی، اثرات متقابل دو گانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایشی بر کلونی‌زایی میکوریزایی معنی‌دار نبود (جدول ۲). با این وجود تیمارها در گروه‌های مختلف قرار گرفتند. با توجه به جدول

مقایسه میانگین‌ها بیشترین درصد کلونی‌زایی میکوریزایی ریشه از اثر سه‌گانه آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه + تلقیح میکوریزا + ٤٥ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد (جدول ٤). این موضع بیانگر نقش مثبت میکوریزا و سولفات روی در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد.

وزن هزار دانه و عملکرد دانه

سطوح مختلف آبیاری بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش خشکی وزن هزار دانه و عملکرد دانه را نسبت به شاهد به ترتیب ۳۲/۰۸ و ٥٤/٣٦ درصد کاهش داد (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی به‌وسیله دیگر محققان تأیید شده است و آن‌ها علت این امر را کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه ذکر نمودند. به نظر می‌رسد تنش خشکی در در دوره پر شدن دانه، از طریق کوتاه‌کردن دوره رشد مؤثر دانه باعث کاهش وزن دانه می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج مجدم (Mojadam, 2006)، علیزاده (Alizadeh, 2005)، ولدآبادی (Valadabadi, 2009) و لافیت و ادمیدز (Laffitte and Edmeades, 1995) مطابقت دارد. کاربرد قارچ میکوریزا عملکرد دانه را در سطح احتمال ۵ درصد افزایش داد (جدول ۲). کاربرد قارچ میکوریزا عملکرد دانه را نسبت به شاهد (بدون تلقیح با قارچ میکوریزا) ۱۱/٦۳ درصد افزایش داد (جدول ۳).

اورتاز(Ortas, 1996) علت افزایش عملکرد را به افزایش اجزای عملکرد مرتبط دانست و افزایش اجزای عملکرد را نیز به تاثیر مثبت قارچ میکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم‌های قارچ در منافذ ریز خاک و افزایش انتقال آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر و هم‌چنین عناصر کم تحرک نظیر مس و روی به اندام‌های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه در اثر بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه و افزایش شدت فتوسنتز دانست. کاربرد روی اثر معنی‌داری بر هیچ یک از صفات نداشت (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد (٤٢/ ٥٤٤٥ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ٤٥ کیلوگرم سولفات روی در هکتار حاصل شد (جدول ۳). افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم با مصرف روی توسط عزیززاده فیروزی و همکاران (Azizzadae *et al*., 2004) گزارش شد. هم‌چنین افزایش عملکرد دانه در ذرت با کاربرد عناصر کم مصرف و به ویژه روی توسط مارشنر (Marschner, 1993) و کاکمک (Cakmak, 2000) تأیید شد. آنان علت افزایش عملکرد را به بهبود گرده‌افشانی، تلقیح، عدم پوکی بلال و تعدیل در جذب عناصر غذایی نسبت دادند.

اثر متقابل آبیاری و تلقیح با قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). با این وجود بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه از اثر متقابل بدون تنش رطوبتی (I_{100}) و قارچ میکوریزا حاصل شد (جدول ٤). نکته حایز اهمیت این‌که در شرایط تنش رطوبتی، تلقیح با *G.intraradices* صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه را نسبت به تیمارهای تنش رطوبتی ولی بدون تلقیح با *G.intraradices* به واسطه کلونی‌زایی بیشتر ریشه افزایش داد. تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و استفاده از *G.intraradices* عملکرد را نسبت به شرایط مشابه و بدون مصرف قارچ میکوریزا افزایش داد که با تیمار آبیاری کامل و بدون قارچ میکوریزا تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤). به نظر می‌رسد که گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش، به واسطه کلونی‌زایی بیشتر ریشه مکانسیم‌های حفاظتی فعال‌تری را نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی در همین شرایط دارا می‌باشد، که به عقیده لیو و همکاران (Liu *et al*., 2000) علت آن کاهش غلظت آبسیزیک اسید در شیره خام و افزایش هورمون‌های ایندول اسیداستیک و جیبرلین در گیاهان میکوریزایی می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج ایلیس و همکاران (Ellis *et al*., 1985) در گندم، سفیر و همکاران (Safir *et al*., 1972) در سویا، نلسون و سفیر (Nelson and Safir, 1982) در پیاز و فیتر (Fitter, 1988) در شبدر قرمز مطابقت دارد. آن‌ها بهبود تغذیه گیاه به‌وسیله قارچ‌های میکوریزایی در خلال مدتی که گیاه با کم آبی مواجه است را عامل افزایش مقاومت گیاه به خشکی معرفی کردند. اثر متقابل آبیاری و روی بر صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). با وجود این، عوامل دیگری در این افزایش موثر شناخته شده‌اند که از آن جمله می‌توان تغییرات در الاستیسیته و تنظیم روزنه‌های برگ (Auge, 2001)، تغییر هدایت هیدرولیکی ریشه و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (Nelson and Safir, 1982) به‌وسیله قارچ‌های میکوریزایی را نام برد.

با این وجود، در شرایط مطلوب رطوبتی(I_{100}) با افزایش٤٥ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، صفات وزن هزار دانه و عملکرد افزایش یافتند. هم‌چنین در تیمار آبیاری معادل ۷۵٪

نیاز آبی گیاه (I_{75})، با افزایش۴۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به تیمار بدون سولفات روی و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی افزایش یافتند (جدول ٤). کاکمک (Cakmak, 2000) دلیل آن را تعدیل اثرات تنش از طریق تنظیم فشار اسمزی سلول به‌وسیله عنصر روی می‌داند. اثر متقابل قارچ میکوریزا و سولفات روی بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه اثر معنی‌داری نشان ندادند (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که رابطه آنتاگونیستی بین مصرف روی و قارچ میکوریزا وجود دارد که ممکن است به دلیل سمیت مواد شیمیایی بر میکروارگانیسم‌های خاکزی مربوط باشد (جدول ٤). اثر متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی تاثیر معنی‌داری نداشتند (جدول۲). ولی در I_{100} تلقیح *G.intraradices* و سولفات روی عملکرد دانه افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به اثر متقابل آبیاری مطلوب، کاربرد قارچ میکوریزا و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی بود (جدول۵)، که از نظر آماری تحت تاثیر تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، بدون مصرف قارچ میکوریزا و کاربرد ٤۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی معنی‌دار نبود (جدول ۵).

نتایج نشان دادند که علی‌رغم بیشتر بودن صفات زراعی و عملکرد دانه در آبیاری مطلوب، به دلیل حرکت در راستای کشاورزی پایدار و استفاده مطلوب از منابع آب، می‌توان با آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد کودهای بیولوژیک و مصرف متعادل سولفات روی به نتایج قابل قبولی دست یافت. در مجموع استفاده از آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب و مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به‌منظور رفع نیاز غذایی ذرت و جلوگیری از اثرات نامطلوب ترکیبات شیمیایی بر فعالیت میکروارگانیزم‌ها مانند قارچ میکوریزا علاوه در برقراری همزیستی مطلوب میکروارگانیسم با خاک باعث افزایش سطح جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی شده و می‌توان در جهت افزایش عملکرد محصولات زراعی گامی موثر برداشت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Physical and chemical properties of soil

OC (%)	pH	Soil texture	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)
0.82	7.5	Clay Loam	0.03	4.4	271	0.8	1.44	3.86

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده در ذرت

Table 2. Analysis of variance for the effect of treatments on measured traits in maize

S.O.V.	D.F.	Plant height	Ear height	Stem diameter	Ear length	Ear diameter	1000 kernel weight	Root colonization	Grain yield
Replication	2	328.82 ^{ns}	136.47 ^{ns}	0.087 ^{ns}	5.68 ^{ns}	2.46 ^{ns}	293.69 ^{ns}	55.26 ^{ns}	244860.18 ^{ns}
Irrigation	2	6297.42**	1863.99**	0.09*	69.85**	107.86**	13130.91**	45.52 ^{ns}	65313612.44**
Mycorrhiza	1	679.96*	164.67*	0.047 ^{ns}	0.41 ^{ns}	1.54^{ns}	47.37 ^{ns}	5252.56**	5589214.26*
Irrigation × Mycorrhiza	2	173.54 ^{ns}	170.36*	0.011 ^{ns}	5.16 ^{ns}	3.93 ^{ns}	44.21 ^{ns}	158.79**	903068.99 ^{ns}
Zinc	2	20.96 ^{ns}	53.19 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.28 ^{ns}	1.79 ^{ns}	231.97 ^{ns}	78.94 ^{ns}	1356262.56 ^{ns}
Irrigation × Zinc	4	128.13 ^{ns}	17.51 ^{ns}	0.037 ^{ns}	0.29 ^{ns}	3.15 ^{ns}	61.91^{ns}	4.8 ^{ns}	861697.06 ^{ns}
Mycorrhiza × Zinc	2	432.33*	84.65 ^{ns}	0.016 ^{ns}	0.29 ^{ns}	6.82*	461.62 ^{ns}	52.24 ^{ns}	2266550.48 ^{ns}
Irrigation × Mycorrhiza × Zinc	4	35.40 ^{ns}	10.65 ^{ns}	0.001 ^{ns}	3.27^{ns}	3.15 ^{ns}	43.71 ^{ns}	34.91 ^{ns}	123023.33 ^{ns}
Error	34	114.33	34.78	0.027	2.41	1.68	244.31	18.31	817828.43
C.V. (%)		6.81	7.81	7.49	9.31	3.03	11.11	19.01	17.30

* and **: Significant at 5% and 1% of probability level.

ns: Non significant

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns: غیر معنی‌دار

جدول ۳– مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها روی صفات اندازه‌گیری شده در ذرت

Table 3. Mean comparison of the main effects of treatments on measured traits in maize

Treatment	High of plant (cm)	High ear (cm)	Stem diameter (cm)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	1000 kernel weight (g)	Root colonization (%)	Grain yield (kg/ha)
Irrigation								
I_{100}	170.93 [a]	84.06 [a]	2.23 [a]	18.41 [a]	44.91 [a]	162.75 [a]	23.14 [a]	6927.15 [a]
I_{75}	164.15 [a]	78.22 [a]	2.22 [a]	17.10 [b]	43.28 [b]	148.62 [b]	21.14 [a]	5543.54 [b]
I_{50}	135.68 [b]	64.26 [c]	2.10 [a]	14.54 [c]	40.08 [c]	110.53 [c]	21.23 [a]	3161.29 [c]
Mycorrhiza								
+M	160.46 [a]	77.26 [a]	2.22 [a]	16.77 [a]	42.92 [a]	141.57 [a]	30.11 [a]	5532.38 [a]
-M	153.37 [b]	73.77 [b]	2.16 [a]	16.59 [a]	42.59 [a]	139.70 [a]	14.89 [b]	4888.64 [b]
Zinc sulfate								
0	157.06 [a]	76.73 [a]	2.18 [a]	16.83 [a]	43.01 [a]	142.65 [a]	21.33 [b]	5277.7 [a]
25	155.77 [a]	73.55 [a]	2.16 [a]	16.60 [a]	42.97 [a]	136.49 [a]	22.07 [b]	4908.85 [a]
45	157.91 [a]	76.26 [a]	2.21 [a]	16.62 [a]	42.72 [a]	142.76 [a]	24.17 [a]	5445.42 [a]

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column with similar letters are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's Multiple Range test.

Table 4. Means comparison of twofold interactions of measured traits

جدول ٤– مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه صفات مورد اندازه‌گیری

Treatments		Plant height (cm)	Ear height (cm)	Stem diameter (cm)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	1000 kernel weight (g)	Root colonization (%)	Grain yield (kg/ha)
Irrigation	Mycorrhiza								
I_{100}	+M	177.75 a	88.83 a	2.28 a	19.07 a	4.55 a	164.98 a	31.92 a	7503.98 a
	-M	164.11 b	79.30 b	2.19 a	17.75 ab	4.42 b	160.52 ab	16.59 c	6350.32 b
I_{75}	+M	167.33 b	80.07 b	2.26 a	17.12 b	4.33 b	149.81 b	27.65 a	5774.56 bc
	-M	160.97 b	76.36 b	2.18 a	17.09 b	4.32 b	147.42 b	12.50 d	5312.52 c
I_{50}	+M	136.32 c	62.87 c	2.10 a	14.13 c	3.98 c	111.91 c	27.59 a	3318.60 d
	-M	135.03 c	65.64 c	2.10 a	14.94 c	4.03 c	109.15 c	12.45 d	3003.98 d
Irrigation	Zinc sulfate								
I_{100}	0	166.38 a	83.88 ab	2.27 a	18.94 a	4.46 ab	164.17 a	21.21 ab	6829.10 a
	25	169.76 a	82.20 ab	2.20 ab	18.34 ab	4.52 a	159.88 ab	22.17 ab	6911.55 a
	45	176.65 a	86.12 a	2.22 ab	17.96 ab	4.47 ab	164.20 a	24.25 a	7040.81 a
I_{75}	0	164.13 a	78.75 ab	2.12 ab	16.72 b	4.32 ab	151.37 ab	22.23 ab	5533.30 bc
	25	164.38 a	76.58 b	2.24 ab	16.76 b	4.28 c	140.58 b	21.33 ab	4899.25 c
	45	163.93 a	79.33 ab	2.31 a	17.83 ab	4.36 abc	153.61 ab	18.78 b	6168.08 ab
I_{50}	0	140.68 b	67.56 c	2.16 ab	14.82 c	4.12 d	112.43 c	22.47 ab	3470.75 d
	25	133.18 b	61.86 c	2.05 b	14.72 c	3.92 e	109.oo c	22.58 ab	2915.76 d
	45	133.17 b	83.35 c	2.10 ab	14.07 c	3.97 e	110.16 c	21.62 ab	3097.36 d
Mycorrhiza	Zinc sulfate								
+M	0	155.06 ab	76.47 a	2.23 a	16.83 a	4.29 a	142.36 a	13.59 cd	5600.57 a
	25	163.06 a	77.60 a	2.21 a	16.84 a	4.33 a	142.99 a	12.21 d	5584.85 a
	45	163.28 a	77.71 a	2.21 a	16.65 a	4.24 ab	139.36 a	15.40 d	5411.72 a
-M	0	159.06 ab	76.97 a	2.14 a	16.82 a	4.32 a	142.95 a	26.62 a	4954.85 ab
	25	148.48 ab	69.50 b	2.12 a	16.37 a	4.15 b	129.98 a	30.55 a	4232.85 b
	45	152.55 ab	74.82 ab	2.12 a	16.59 a	4.29 a	146.15 a	30.78 a	5479.12 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's Multiple Range test.

جدول ۵ – مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه آبیاری، سولفات روی و میکروریزا بر صفات اندازه‌گیری شده در ذرت

Table 5. Means comparison of interaction effects of irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate for measured traits in maize

Treatment			High of Plant (cm)	High ear (cm)	Stem diameter (cm)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	1000 kernel weight (g)	Root Colonization (%)	Grain yield (kg/ha)
Irrigation	Mycorrhiza	Zinc sulfate								
I_{100}	+M	0	164.96 ^{bcd}	85.33 ^{abc}	2.35 ^{a}	20.18 ^{a}	4.52 ^{ab}	168.15 ^{a}	25.59^{c}	7464.90 ^{ab}
	+M	25	182.02 ^{ab}	89.16 ^{ab}	2.35 ^{a}	19.00 ^{ab}	4.64 ^{a}	164.77 ^{ab}	29.29 ^{bc}	7859.70 ^{a}
	+M	45	186.27 ^{a}	92.00 ^{a}	2.24 ^{a}	18.03 ^{ab}	4.50 ^{abc}	162.04 ^{ab}	28.29 ^{bc}	7187.36 ^{abc}
	-M	0	167.80 ^{abc}	82.43 ^{abcd}	2.20 ^{a}	1769 ^{abc}	4.40 ^{abc}	160.19 ^{ab}	17.80 ^{de}	6193.30 ^{abcd}
	-M	25	157.50 ^{cd}	75.23 ^{cdef}	2.16 ^{a}	17.68 ^{abc}	4.41 ^{abc}	155.00 ^{ab}	13.2 ^{ef}	5963.40 ^{bcd}
	-M	45	167.03 ^{abc}	80.23 ^{bcde}	2.22 ^{a}	17.88 ^{ab}	4.45 ^{abc}	166.36 ^{a}	19.75^{d}	6894.26 ^{abcd}
I_{75}	+M	0	164.23 ^{bcd}	79.10 ^{bcde}	2.17 ^{a}	16.90 ^{bcd}	4.38 ^{bc}	148.83 ^{ab}	26.15^{c}	5774.30 ^{bcde}
	+M	25	169.00 ^{abc}	81.46 $^{a-e}$	2.30 ^{a}	16.68 ^{bcd}	4.31 ^{bc}	146.50 ^{ab}	27.30 ^{bc}	5583.53 ^{cde}
	+M	45	168.76 ^{abc}	79.66^{bcde}	2.33 ^{a}	17.76 ^{abc}	4.31 ^{bc}	148.12 ^{ab}	30.55 ^{abc}	5965.86 ^{bcd}
	-M	0	164.03 ^{bcd}	78.40 ^{bcde}	2.07 ^{a}	16.54 ^{bcd}	4.29 ^{bc}	153.61 ^{ab}	11.50^{f}	5292.30^{de}
	-M	25	159.76 ^{bcd}	71.70 $^{c-g}$	2.18 ^{a}	16.83 ^{bcd}	4.25^{cd}	134.66 ^{bc}	14.20 ^{ef}	4214.96^{ef}
	-M	45	159.100^{cd}	79.00 ^{bcde}	2.30 ^{a}	17.90 ^{ab}	4.42 ^{abc}	159.70 ^{ab}	13.85 ^{ef}	6430.30 ^{abcd}
I_{50}	+M	0	136.00 ^{e}	65.00^{fg}	2.18 ^{a}	13.40 ^{e}	3.98 ^{e}	110.10^{cd}	28.39 ^{bc}	3562.53^{f}
	+M	25	138.16 ^{e}	62.16 ^{g}	2.08 ^{a}	14.84 ^{cde}	4.04 ^{de}	117.71^{cd}	33.22 ^{ab}	3311.33^{f}
	+M	45	134.80 ^{e}	61.46 ^{g}	2.06 ^{a}	14.16 ^{de}	3.93 ^{e}	107.93^{cd}	34.45 ^{a}	3081.93^{f}
	-M	0	145.36d ^{e}	70.13^{efg}	2.14 ^{a}	16.24 $^{b-e}$	4.27^{cd}	114.77^{cd}	15.52^{ef}	3378.96^{f}
	-M	25	128.20 ^{e}	61.56 ^{g}	2.02 ^{a}	14.60 ^{de}	3.81 ^{e}	100.30^{cd}	11.20^{f}	2520.20^{f}
	-M	45	131.54 ^{e}	65.23 ^{fg}	2.14 ^{a}	13.98 ^{de}	4.02 ^{e}	112.40^{cd}	12.95^{ef}	3112.80^{f}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 5% of probability level using Duncan's Multiple Range test.

References

Abdel Rahman A, Hassanein H (2002) Interactive effect of soil water content and antitranspiration on some physiological activities in maize plant. Field Crop. Abstracts.

Alizadeh A (2005) Effects of different levels of nitrogen and drought stress bsorption and micorrizal symbiosis in maize. Ph.D. thesis Islamic Azad University. Research and Science Branch of Ahvaz, Iran.

Al-kaisi M, Xinhua YM (2003) Effects of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. Agronomy Journal 95: 1475 - 1482.

Al-Karaki G, Mcmichael B, Zak G (2004) Field response of wheat to mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

Allowy B Y Tills (1984) Copper deficiency in world. Outlook Agriculture 13: 32-42.

Auge RM (2001) Water relations drought and vesicular- arbuscular mycorrhiza symbiosis. Mycorrhiza. 11: 3-42.

Azizzadeh Firozi F, Bahmanyar M, Momeni A, Ghasempor A (2004) Effects of potassium and zinc on agronomical characteristic and amount of iron and phosphor in two cultivar in calcareous soil with low zinc. 10th Iranian Soil Science Congress. 12-14 Aug 2007. Karaj. Iran.

Brown PH, Cacmak I, Zhang Q (1993) Form and function of zinc in plants. pp. 93-106. In: Robson AD (Ed). Zinc in soil and plants. Kluwar Academic Publishers. Dordecht. The Netherland.

Cakmak I (2000) Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist 146 (2): 85-200.

Ellis JR, Larson HJ, Boolis MG (1985) Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant Soil 86: 369-378.

Elwan LM (2001) Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. Zagazig Journal of Agricultural Research 28: 163-172.

Emam Y (2004) Cereal production. Shiraz University Press 363 pp.

Fecenko J, Ložek O (1998) Maize grain yield formation in dependence on applied zinc doses and its content in soil. Rostlinna Vyroba 44: 15–18.

Fitter AH (1988) Water relations of red clover *Trifolium pretense* L. as affected by mycorrhizal colonization of phosphorus supply before and during drought. Exp. Botany 39: 595- 603.

Giovannetti M, Mosse B (1980) An evaluation of techniges to measure vesicular-arbuscular infection in roots. New Phytologyist 84: 489-500.

Kholdbarin B, Eslamzadeh T (2001) Mineral nutrition of high plant. Shiraz University Press. 495 pp.

Khanam D, Mridha MAU, Solaiman ARM (2006) Comparative study of arbuscular mycorrhizal association with different agricultural crops among four areas of Bangladesh. Journal of Agriculture 44(2): 147-159.

Koske RE, Gemma JN (1989) A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol. Research 92: 486-488.

Khanam D, Mridha MAU, Solaiman ARM (2006) Comparative study of arbuscular mycorrhizal association with different agricultural crops among four areas of Bangladesh. Journal of Agriculture 44(2): 147-159.

Laffitte HR, Edmeades GO (1995) Stress tolerance in tropical maize is linked to constitutive change in ear growth haracteristics. Crop Science 3: 820-826.

Liu R, Li M, Meng X (2000) Effects of AM fungi on endogenous hormones in corn and cotton plants. Mycosystem 19: 91-96.

Malekuti MJ, Spehri A (2003) Optimum nutrition of oil seed is effective step in achieve to self-sustaining of country. Khaniran Press. Tehran, Iran. [In Persian with English Abstract]

Marschner, H (1993) Zinc uptake from soils. In: Robson, AD (Ed), Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers,

Dordrecht, The Netherlands, pp. 59-77.

Mirhadi, MG (2001) Corn (*Zea mays* L). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Publication, 214 pp.

Mojdam M (2006) Effects of water deficit stress and nitrogen use management on agro physiological characteristic and grain yield of SC704 in Khozestan. Ph.D. thesis, Islamic Azad University, Research and Science Branch of Ahvaz. Iran.

Movahed Dehnavi M, Modaress sanavi AM, Sorush Zadeh A, Jalali M (2004) Effect of foliar application of zinc and manganese on yield and yeild components of three autumn safflower cultivars under drought stress in Esfahan region. 8th Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress. Rasht. Iran.

Nelson CE, Safir GR (1982) Increased drought tolerance of mycorrhizal onion plants caused by improved nutrition. Planta 154: 407-413.

Ortas I, Harris PJ (1996) Enhancment uptak of phosphorus by mycorrhizal sorghum plants as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil 184: 225-264.

Ramjat R, Murallar N, Kumar A (1991) Physiology of drought tolerance in wheat, water potential and its component. Agronomy and Crop Science 167: 73-80.

Ramazanzadeh H, Avestan Sh, Reihanitabar A (2007) Some effective factors on zinc absorption in soil calcareous. 10th Soil Science Congress. 12–14 Aug 2007. Karaj. Iran.

Read DJ, Koucheki HK, Hodgaon J (1976) Vesicular arbuscular mycorrhiza in natural vegetation system. New Phytology 77: 641-653.

Safir GR, Boyer JS, Gerdemann JW (1972) Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. Plant Physiology 49: 700- 703.

Schussler JR, Westgate ME (1991b) Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivitiy to reduce assimilates at pollination. Crop Science 31: 1196-1203.

Shawn M, Parke JL (2000) Variation among maize inbred lines and detection of quantitative trait for growth at low phosphorus and responsiveness to arbuscular mycorrhizal fungi. Crop Science 40: 358-364.

Sinclair TR, Bennett JM, Muchow RC (1990) Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Science 30: 690-693.

Sylvia DM, Hammond LC, Bennett JM, Linda SB (1993) Field response of maize to a VAM fungus and water management. Agronomy Journal 85: 193-198.

Valadabadi A (2009) Effects of ecophysiology of drought stress in maize, sorghum and millet. Ph.D. Thesis Islamic Azad University. Research and Science Branch. Tehran [In Persian with English Abstract].

Yilmaz A, Ekiz H, Torun B, Gultekin I, Karanlik S, Bagei SA, Cakmak I (1997) Effect of different zinc application methods on grain and zinc concentration in wheat cultivates grown on zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 20 (4, 5): 461- 471.