"مجله علوم زراعی ایران"
جلد یازدهم، شماره ۳، پاییز ۸۸

اثر تنش خشکی، میکوریزا و مقادیر روی بر خصو صیات اگروفیزیولوژیک ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤

Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rate on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704

نورعلی ساجدی[۱] و عبداله ساجدی[۲]

چکیده

ساجدی، ن ع. و ع. ساجدی. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی، میکوریزا و مقادیر روی بر خصو صیات اگروفیزیولوژیک ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴. **مجله علوم زراعی ایران:۱۱ (۳): ۲۲۲-۲۰۲.**

به منظور بررسی اثر تنش خشکی، میکو ریزا و سطوح مختلف روی بر برخی خصوصیات اگروفیزیولوژیک ذرت سینگل کراس ۷۰٤، آزمایشی در سال های۱۳۸۵ و۱۳۸٦ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمار های آزمایشی سه سطح آبیاری شامل: آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، تلقیح با میکوریز(*Glomus intraradices*) در دو سطح شامل تلقیح و عدم تلقیح و روی در سه سطح شامل: شاهد (صفر)، ۲۵ و ٤۵ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات روی در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی داری بر صفات کارایی مصرف آب، وزن خشک ریشه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت داشت. تنش خشکی عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را کاهش و کارایی مصرف آب را افزایش داد. اثر میکوریز نیز بر صفات وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون و عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. تلقیح با میکوریز باعث بهبود صفات مورد بررسی نسبت به شاهد شد. مصرف ٤۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار، عملکرد بیولوژیک را بطور معنی داری افزایش داد اما افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد معنی دار نبود. بیشترین وزن خشک ریشه و درصد کلونیزاسیون از تیمار ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به دست آمد. تلقیح با میکوریز هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش باعث بهبود صفات مورد بررسی نسبت به بدون میکوریز شد. اثرمتقابل سه گانه تیمارهای آزمایش بر صفات وزن خشک ریشه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب معنی دار بود. بیشترین عملکرد دانه از تیمار اثر متقابل آبیاری معادل نیاز آبی گیاه، بدون میکوریز و مصرف ٤۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار حاصل شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، تلقیح با میکوریز و ٤۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار عملکرد مطلوب حاصل می شود.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، ذرت، روی، کارایی مصرف آب و میکوریز.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۰/۲۵

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک (مکاتبه کننده)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

مقدمه

خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده غیر زنده رشد، اثر نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می گذارد (Xiong *et al*., 2002; Cheong *et al*., 2003). تنش خشکی فتوسنتز را از طریق بسته شدن روزنه ها و نرسیدن دی اکسید کربن به کلروپلاست وهمچنین کاهش پتانسیل آب سلول تحت تاثیر قرار می دهد. تنش خشکی رشد ریشه و ساقه را تحت تاثیر قرار می دهد و ممکن است باعث کاهش سطح برگ گیاهان شود (Hopkins and Haner, 2004). تنش خشکی عملکرد ذرت و سایر گیاهان زراعی را عمدتا" به شیوه های زیر کاهش می دهد؛۱- کاهش جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط پوشش گیاهی، ۲- کاهش کارایی مصرف تابش و ۳- کاهش شاخص برداشت (Hugh *et al*., 2003). در گیاه ذرت تولید ماده خشک با کاهش آب مصرفی، نقصان می یابد ولی کاهش عملکرد دانه در اثرکمبود آب بیش از کاهش ماده خشک تولیدی است (Cox and Julliff, 1988). اتگول و همکاران (Otegul *et al*., 1995)، آلن و مازیک (Allen and Musik, 1993) و جوز و همکاران (Jose *et al*., 2000)، افزایش کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش کردند. اما الکایسی و زینهوا (Al – Kaisi and Xinhua, 2003) گزارش نمودند که در اثر اعمال تنش خشکی بازده اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب در ذرت کاهش می یابند. مجدم (Mojdam, 2006) گزارش نمود که در ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز، حداکثر بازده اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب در تیمار آبیاری مطلوب حاصل شد و با اعمال تنش های رطوبتی، کاهش این صفات معنی‌دار بود.

نتایج تحقیقات نشان داده است که قارچ های میکوریز قادر هستند که اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند(Auge, 2001). همزیستی قارچ میکوریز با اغلب گیاهان تحت شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید در گیاهان از طریق جذب بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس می شود. به علاوه تحمل گیاهان به خشکی را از طریق بهبود جذب آب و پتانسیل آماس برگ، کنترل منافذ روزنه ای و تعرق، افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف های انتهایی افزایش می دهد (Vamerali *et al*.,2003;Ghazi and Zak. 2003). قارچ میکوریز ارتباط آب با گیاه میزبان را به وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق و کاهش مقاومت روزنه ای به وسیله ی تغییر در تعادل هورمون های گیاهی بهبود می بخشد. این تغیرات باعث بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزی تحت تنش خشکی می شود (Elwan, 2001). همچنین نتایج تحقیقات روی گیاه میکوریزایی و غیر میکوریزی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه های گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است که این موضوع در اثر افزایش سطح ریشه ویا طول ریشه های میکوریزایی می باشد (Zahra and Loynachan, 2003). هدایت آبی نیز در واحد طول ریشه ۲ تا ۳ برا بر افزایش نشان می دهد. برگ های گیاهان میکوریزایی دارای مقاومت کمتری به انتشار بخار آب هستند و همچنین سطح آنها در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش نشان می دهد (Zahra and Loynachan, 2003). سونگ(Song, 2005) گزارش نمود که بهبود شرایط ریزوسفر خاک در شرایط تنش، توسعه سیستم ریشه ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه، افزایش سیستم دفاعی گیاه میزبان و کاهش خطرات اکسیداسیون ناشی از تنش خشکی را می توان با اثرات مثبت میکوریز مرتبط دانست. جاکوبسن و نیلسن (Jakobsen and Nielsen, 1983)گزارش نمودند که کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ میکوریز در گونه های گیاهی که در خاک های مختلف رشد می کنند، متفاوت می باشد. علیزاده (Alizadeh, 2005) گزارش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

نمود که در ذرت تیمار میکوریزی از نظر ماده ی خشک بخش هوایی گیاه و ریشه یک افزایش نسبی نسبت به تیمارهای بدون میکوریز مشاهده شد. کلارک و زتو(Clark and Zeto, 1996) در آزمایش انجام شده در ذرت گزارش نمودند که در خاک های اسیدی (pH= ۴/۲-۴/۵) و در خاک های قلیایی(pH=۷/۸-۸)، ماده خشک ساقه و ریشه، سطح برگ و طول ریشه گیاهان میکوریزی نسبت به گیاهان غیر میکوریزی بیشتر بود. همچنین ماده خشک ساقه و ریشه گیاهان رشد یافته در خاک های قلیایی از ماده خشک ساقه و ریشه گیاهان رشد یافته در خاک های اسیدی بیشتر بود. همچنین گزارش نمودند که در ساقه گیاهان میکوریزی رشد یافته در خاک اسیدی در مقایسه با خاک قلیایی، غلظت فسفر، کلسیم، منیزیم، پتاسیم، مس و سیلیسیم کمتر بود و غلظت عناصر منگنز، آهن و روی بیشتر بودند. اسنوبی(Osonubi, 1994) گزارش نمود که سطح برگ، وزن خشک اندام های هوایی، سطح ویژه برگ، پتانسیل فشاری سلول های آوند چوبی و پتانسیل آب خاک در تیمار های فسفری و میکوریزی در ذرت و سورگوم تفاوتی نداشتند، با این وجود صفات یاد شده در هر دو گیاه در تیمار های میکوریزی بیشتر از غیر میکوریزی بودند. کاراساواو همکاران (Karasava *et al.*, 2001) گزارش نمودند که کشت ذرت بعد از آفتابگردان باعث افزایش کلونیزاسیون ریشه شد، در صورتی که کشت ذرت بعد از خردل کلونیزاسیون ریشه را کاهش داد. آنها اظهار داشتند که کشت گیاه غیر میزبان خردل باعث کاهش جمعیت قارچ میکوریز می‌شود.کویی لامبو(Quilambo, 2000) گزارش نمود که تلقیح میکوریزایی باعث افزایش رشد ریشه و برگ و همچنین باعث افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و وزن ریشه تحت شرایط تنش خشکی و کمبود فسفر در بادام زمینی می‌شود.

بررسی ها نشان داده است که در خاک های آهکی، کمبود مواد آلی و یا واکنش قلیایی، باعث بروز کمبود عناصر کم مصرف در این خاک ها می شود (Allowy and Tills, 1984). رمضان زاده و همکاران (Ramazanzadeh *et al.*, 2007) گزارش نمودند کمبود روی یکی از متداول‌ترین مشکلات تغذیه ای گیاهان زراعی و باغی در خاک های آهکی است. چاکمک (Cakmak, 2000) گزارش نمود که کمبود روی یکی از مشکلات مناطق گندم کاری ترکیه است، به طوری که مصرف روی ۵ تا ۱۵ درصد باعث افزایش عملکرد گندم می شود. مارشنر(Marschner, 1993) گزارش کرد در اثر مصرف آهن و روی در ذرت مقدار کل نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافته و وزن دانه و تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت. با توجه به اینکه کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک می باشد، با استفاده بهینه از منابع آبی و تقویت سازوکارهای تحمل به تنش خشکی می توان نقش مهمی در بهبود تولید محصولات زراعی ایفا نمود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال های ۱۳۸۵ و۱۳۸۶ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عوامل مورد مطالعه شامل تیمارهای آبیاری، مقدار کود روی و میکوریز بودند. تیمار های آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شدند که از مرحله سه تا چهار برگی پس از استقرار کامل گیاه و بعد از تنک کردن مزرعه و رسیدن به تراکم مطلوب تا پایان رشد اعمال شدند. آبیاری در تیمار بدون تنش (شاهد) معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. نیاز آبی گیاه با تعیین میزان تبخیر روزانه با استفاده از تشتک تبخیر اندازه گیری شد. سپس بر اساس ضریب تشتک تبخیر و ضریب گیاهی، حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. آبیاری کرت‌ها با لوله‌های پلی اتیلن انجام و حجم آب ورودی به کرت‌ها

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

با کنتور آب کنترل شد. عنصر روی از منبع کود سولفات روی در سه سطح صفر، ۲۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار به صورت مصرف خاکی در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت. تیمار میکوریز از نوع قارچ *Glomus intraradices* در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با جمعیت ۲۵۰ تا ۳۰۰ اندام فعال قارچ برای هرتلقیح بذر، درهنگام کاشت اعمال شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت به طول ۸ متر، فاصله بین ردیف ها ۶۰ سانتی متر ، روی ردیف ها ۲۰ سانتی متر و بین دو کرت دو شیار به صورت نکاشت باقی گذاشته شد. در این آزمایش از ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (دیر رس، تک بلال و دندان اسبی) استفاده شد که بذر مورد نیاز از شرکت کشت و صنعت شهید بهشتی اهواز تهیه شد. به منظور افزایش همزیستی مایه تلقیح با بذر از بذور ضدعفونی نشده استفاده گردید. در هر دو سال، کاشت در اواخر اردیبهشت ماه با دست انجام گرفت. کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و کودهای فسفر و پتاسیم به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) به خاک اضافه شدند. یک سوم کود نیتروژن و تمام کود های فسفر و پتاسیم در زمان کاشت و باقی مانده کود نیتروژن طی دو مرحله (۶ تا ۷ برگی و دو هفته قبل از ظهور گل نر) در فصل رشد به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفتند. در این تحقیق صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی مصرف آب، وزن خشک ریشه در مرحله خمیری دانه و کلونیزاسیون ریشه اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه گیری وزن خشک ریشه در مرحله خمیری شدن دانه دو روز پس از آبیاری از هر کرت ۴ بوته به طور تصادفی انتخاب و ریشه های آنها همراه با خاک اطراف ریشه برداشت شد. به منظور جلوگیری از قطع ریشه های مویین ریشه ها در جوی پر از آب در مزرعه قرار داده و به دقت شسته و تمیز شدند. سپس ریشه ها در داخل آون ۷۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشکانیده شده و وزن آنها با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد. برداشت نهایی در اواخر مهر ماه به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه ها (تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه) صوت گرفت. در برداشت نهایی ۱۰ گیاه از وسط هر کرت با رعایت حاشیه به روش دستی از سطح خاک برداشت شد و وزن خشک کل گیاه شامل ساقه، برگ و بلال پس از خشکانیدن در آون ۷۵ درجه سانتی گراد و ثابت شدن وزن آنها، اندازه گیری و عملکرد بیولوژیک تعیین شد. عملکرد دانه نیز بر اساس رطوبت ۱۵ درصد تعیین شد. برای تعیین کارایی مصرف آب از رابطه زیر استفاده شد (Koocheki and Sarmadnia, 1999).

(۱) کارایی مصرف آب ($kg.m^{-3}$) = عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$) / مجموع حجم آب مصرفی ($m^3.ha^{-1}$)

درصد کلونیزاسیون ریشه با استفاده از تکنیک ریشه جانبی ارزیابی شد (Read *et al*., 1976). پس از آماده سازی ریشه ها، بافت ها به روش کوسک و گما Koske and Gemma, 1989)) تحت فشار و فرسودگی قرار گرفتند. ریشه ها با محلول تری پن بلو به روش گیوانتی و موسه (Giovannetti and Mosse, 1980) رنگ آمیزی شدند. ریشه‌های موئین رنگ آمیزی شده به طول حدود یک سانتی متری در ظرف پتری مشبک (روش صفحه مشبک) که با استفاده از خطوط عمودی و افقی مربعات یک سانتی متر در آن تشکیل شده بود، به صورت تصادفی پخش و سپس با استفاده از میکروسکوپ، ریشه‌های تلقیح شده و تلقیح نشده مورد مشاهده قرار گرفتند. ریشه های تلقیح شده حاوی اندام های قارچی از جمله هیف(میسلیوم)، کیسه (Vesicle) یا

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical soil properties of the experimental site

سال Year	عمق خاک (سانتی متر) Soil Depth (cm)	هدایت الکتریکی ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته pH	درصد کربن آلی OC (%)	درصد نیتروژن N (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	روی Zn ($mg.kg^{-1}$)	آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	منگنز Mn ($mg.kg^{-1)}$	مس Cu ($mg.kg^{-1}$)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
۱۳۸۵	0-30	0.83	7.9	0.8	0.08	4.2	178	0.52	3.8	9.12	1.12	26	42	32
(2006)	30-60	1.07	7.9	0.51	0.04	3.5	145	0.31	3.0	6.2	0.79	26	31	46
۱۳۸۶	0-30	1.20	7.5	0.82	0.08	5	150	0.8	4.6	10.6	1.14	29	35	36
(2007)	30-60	1.70	7.4	0.61	0.06	3.6	120	0.4	4	6.6	0.88	27	29	44

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

(۲) مجموع قطعات مشاهده شده/ تعداد قطعات تلقيح شده = درصد کلونيزاسيون

بوتـه(Arbuscul) بودنـد. درصـد کلونيزاسـيون ريـشه از رابطه زير محاسبه شد (Khanam *et al*., 2006).

برای تجزيه و تحليـل داده هـا، از نـرم افـزار آمـاری SAS استفاده شـد. بـرای مقايسه ميـانگين هـا از آزمـون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم جداول از برنامه گرافيکی Excel استفاده شد.

نتايج و بحث

نتايج حاصل از تجزيه مرکب داده هـا نـشان داد کـه تـنش خـشکی در طـی دو سـال تـاثير معنـی داری (در سـطح احتمـال يـک درصـد) بـر صـفات کـارايی مصرف آب، وزن خـشک ريـشه، عملکـرد اقتـصادی و بيولوژيک و شـاخص برداشـت داشـت ولـی بـر درصـد کلونيزاسيون ريشه معنی دار نبـود (جـدول ۲). بيـشترين کارايی مصرف آب (۱/۲۹ کيلو گرم بر متر مکعـب) از تيمار آبيـاری ۵۰ درصـد نيـاز آبـی گيـاه حاصـل شـد و کمترين مقدار اين صفت از آبياری معادل نياز آبی گياه (شاهد) بدست آمد (جدول ۳). اين نتايج بـا يافتـه هـای اتگـول و همکـاران (Otegul *et al*., 1995)، آلـن و مازيـک (Allen and Musik, 1993) ، جـوز و همکـاران (Jose *et al*., 2000)، مطابقـت داشـت. آنهـا افـزايش کارايی مـصرف آب را درنتيجـه اعمـال تـنش خـشکی گزارش نموده اند و علت اين موضوع را دلايل متعددی از جمله تلفات آب از طريق تبخير و تعرق و نفوذ عمقی بيـشتر در تيمـار آبيـاری کامـل دانـستند. عملکـرد بيولوژيک با کاهش آب مصرفی نقصان يافت ولی افت عملکرد دانه ناشی از کمبود آب بيش از کـاهش مـاده خشک توليدی بود. به نظر می رسد که تنش خشکی بـا تاثير منفـی بـر رشـد و نمـو انـدام هـای زايـشی موجـب کاهش اجزای عملکرد و در نهايت عملکرد دانـه شـده باشد. نتايج ايـن تحقيـق بـا يافتـه هـای گـو و همکـاران (Gu *et al*., 1989) مطابقـت داشـت. آنهـا در مطالعـه تحمل به خشکی ذرت در مراحل مختلف رشـد بـه ايـن نتيجه رسـيدند کـه تـنش خـشکی در طـول دوره رشـد، توليد ماده خشک گياه را به طور قابـل تـوجهی کـاهش داد. تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت و وزن خشک ريشه شد (جدول ۳).کـاهش شـاخص برداشـت در اثر تنش خشکی را می توان به کاهش عملکـرد دانـه نسبت داد و دليل کاهش عملکرد دانه را کـاهش سـطح بـرگ، طـول و وزن بـلال، تعـداد بـلال و عملکـرد بيولوژيک برشمرد. اين نتايج بـا يافتـه هـای سـيديک و هـان (Siddique and Whan, 1994) مطابقـت دارد. آنهـا گزارش کردند در شرايط مطلوب آب و هـوايی مقـدار شاخص برداشت زياد و در شرايط تنش خشکی به ويژه در دوران پايانی رشد گياه، مقدار آن کم مـی شـود. بـه نظر می رسد که افزايش وزن خشک ريشه و اندام هـای هـوايی در شـرايط آبيـاری عـادی بـه دليـل سـهولت در جـذب و انتقـال مـواد غـذايی بـه انـدام هـای هـوايی و گسترش و تداوم بهتر سطح بـرگ و در نتيجـه استفاده بهينه از تابش خورشيدی بـود کـه موجـب ايجـاد منـابع فيزيولـوژيکی قـوی جهـت اسـتفاده از مـواد حاصـل از فتوسنتز گرديد. اثر تنش خشکی بر درصد کلونيزاسيون ريشه معنی دار نبود ولی با اعمال تـنش خـشکی درصـد کلونيزاسيون ريشه کاهش يافت.

نتايج حاصل از مقايسه ميانگين مرکب داده ها نـشان داد که تلقيح با ميکوريز باعث افـزايش صـفات درصـد کلونيزاسيون ريشه و وزن خشک ريشه نـسبت بـه تيمـار بدون ميکـوريز شـد (جـدول ۳). بـا مـصرف ميکـوريز، درصد کلونيزاسيون ريشه و وزن خشک ريشه نسبت بـه تيمـار بـدون ميکـوريز بـه ترتيـب ۵۰ و۲۰/۲۶ درصـد افزايش يافتند. به نظر می رسد که با تاثير مثبت ميکوريز در توسـعه سيـستم ريـشه ای گيـاه ميزبـان و در نتيجـه افزايش سطح جذب ريشه ها از طريق نفـوذ هيـف هـای قـارچ در خـاک و در نتيجـه دسترسـی گيـاه زراعـی بـه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات گیاهی ذرت در تیمارهای آبیاری، میکوریز و سولفات روی

Table 2. Combined analysis of variance for plant characteristics of maize in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

S. O. V	منابع تغییر	میانگین مربعات (MS)						
		درجه آزادی df	کارایی مصرف آب Water use efficiency	وزن خشک ریشه Root dry weight	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index
Year (Y)	سال	1	5.23**	1542.31**	1776.49**	74804294.70**	22396758.89**	7888.23**
Replication × Year	تکرار× سال	4	0.03	6.77	55.261	541320.61	53320.36	16.259
Irrigation (I)	آبیاری	2	0.47**	334.04**	49.929^{ns}	73409130.37**	155840408.86**	501.624*
Y × I	آبیاری×سال	2	1.27**	189.14**	18.387^{ns}	8387923.73**	26482600.43**	279.572**
Micorrihza (M)	میکوریزا	1	0.03^{ns}	752.24**	6252.98**	444097.14^{ns}	7599360.45**	2.253^{ns}
Y × M	سال × میکوریزا	1	0.12^{ns}	52.04^{ns}	467.00**	7166370.19**	69836411.64**	21.138^{ns}
I × M	آبیاری × میکوریزا	2	0.08^{ns}	66.22*	158.79**	3321973.90*	802233.91**	90.48**
Y ×I × M	سال ×آبیاری × میکوریزا	2	0.21*	48.16^{ns}	2.21^{ns}	3617933.27*	4161570.69**	25.97^{ns}
Zn	روی	2	0.13^{ns}	372.97**	78.94**	2062911.47^{ns}	11830502.23**	2.53^{ns}
Y × Zn	سال ×روی	2	0.01^{ns}	54.16^{ns}	50.21^{ns}	49328.979^{ns}	1111957.59**	1.70^{ns}
I × Zn	آبیاری × روی	4	0.13^{ns}	73.26**	4.80^{ns}	1127658.12^{ns}	3605174.20**	46.74*
Y ×I × Zn	سال ×آبیاری × روی	4	0.15*	76.22**	23.06^{ns}	3813405.47**	14510254.50**	13.94^{ns}
M ×Zn	میکوریزا × روی	2	0.04^{ns}	39.12^{ns}	52.24^{ns}	1810733.72^{ns}	9606620.92**	6.04^{ns}
Y × M × Zn	سال ×میکوریزا × روی	2	0.08^{ns}	12.81^{ns}	48.61^{ns}	870840.02^{ns}	7772246.61**	1.61^{ns}
I × M × Zn	آبیاری × میکوریزا ×روی	4	0.19*	87.17**	34.91^{ns}	4532057.59**	6383409.11**	55.24**
Y × I × M × Zn	سال× آبیاری ×میکوریزا × روی	4	0.21**	244.75**	5.78^{ns}	2945190.77*	14958315.05**	16.50^{ns}
Error	خطا	68	0.05	20.09	18.31	942360.72	113682.21	13.88
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		19.69	17.69	19.01	16.06	10.6	7.97

ns : Non- significant

* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels respectively

ns: غیر معنی دار

* و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

.

۳ – مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات گیاهی ذرت در تیمارهای آبیاری، میکوریز و سولفات روی

Table 3. Mean comparisons of main effects of plant characteristics of maize in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Treatment	تیمار	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه در مرحله خمیری Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
Irrigation	آبیاری						
100% Requirment	۱۰۰درصد نیاز آبی	1.07 b	28.78 a	23.14 a	7281.55 a	14856.78 a	49.73 a
75% Requirment	۷۵درصد نیاز آبی	1.25 a	24.27 b	21.14 a	6366.16 b	13296.35 b	47.98a
50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	1.29 a	22.97 b	21.23 a	4481.00 c	10735.83 c	42.57 b
Mycorrhiza	میکوریزا						
Without(-M)	عدم تلقیح	1.29 a	21.98 b	14.89 b	5978.78 a	12697.73 b	46.61 a
With (+M)	تلقیح	1.22 a	27.70 a	30.11 a	6107.03 a	13228.25 a	46.9 a
Zn	روی						
Control	صفر	1.19ab	24.89 b	21.33 b	5776.12 a	13221.17 a	47.06 a
25kg.ha^{-1}	۲۵ کیلوگرم در هکتار	1.15 b	28.76 a	22.01b	6113.66 a	12306.04 b	46.59 a
45kg.ha^{-1}	۴۵ کیلوگرم در هکتار	1. 22a	22.27 c	24.17 a	6238.93a	13361.75 a	46.61 a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار آماری ندارند

Means in each followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

حجم بیشتری از خاک و افزایش کارایی جذب آب و عناصر غذایی، تولید ماده خشک افزایش یافته باشد. نتایج این تحقیق با نتایج علیزاده (Alizadeh, 2005) مطابقت داشت. وی گزارش نمود که تیمار میکوریزی هم از نظر ماده خشک هوایی و هم از نظر ماده خشک ریشه یک افزایش نسبی را نسبت به تیمار های بدون میکوریز ذرت نشان داد. اثر سطوح مختلف روی بر صفات وزن خشک ریشه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد و بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود ولی بر سایر صفات اثر معنی داری نداشت (جدول ۲). مصرف ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار عملکرد بیولوژیک (۱۳۳۶۱/۷۵ کیلو گرم در هکتار) را نسبت به شاهد (۱۳۲۲۱/۱۷ کیلو گرم در هکتار) و عملکرد دانه (۶۲۳۸/۹۳ کیلو گرم در هکتار) را نسبت به شاهد (۵۷۷۶/۱۲ کیلو گرم در هکتار) افزایش داد، اما شاخص برداشت کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می رسد که افزایش عملکرد بیولوژیک ناشی از مصرف روی بیش از عملکرد دانه بوده است. نتایج این تحقیق با نتایج مارشنر (Marschner, 1993) مبنی بر افزایش عملکرد دانه با استفاده از عنصر روی مطابقت داشت. مارشنرگزارش کرد که با مصرف آهن و روی در ذرت، مقدار کل نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافت و با افزایش نشاسته، وزن دانه و تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه نیز افزایش یافتند. اثر مصرف روی بر صفات وزن خشک ریشه در مرحله خمیری شدن دانه و درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ریشه در مرحله خمیری شدن دانه از تیمار ۲۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار و بیشترین درصد کلونیزاسیون از تیمار ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار به دست آمد (جدول ۳). احتمالا" با افزایش میکوریز ریشه از یک طرف و مصرف ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار از طرف دیگر، زمینه برقراری تعادل، جذب وانتقال عناصر غذایی از طریق ریشه به اندام های هوایی بهبود یافته و مواد فتوسنتزی تولید شده بیشتر در اندام های هوایی و مخازن زایشی تجمع یافته در نتیجه وزن خشک ریشه کاهش یافته است. اثر متقابل آبیاری و میکوریز بر صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد کلونیزاسیون در سطح احتمال یک درصد و بر صفات عملکرد دانه و وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). اگر چه با اعمال تنش خشکی کلیه صفات مورد بررسی کاهش یافتند، استفاده از میکوریز هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش، صفات مورد بررسی را نسبت به تیمار بدون مصرف میکوریز افزایش داد (جدول ۴). بیشترین مقدار کارایی مصرف آب (۱/۳۴ کیلو گرم بر متر مکعب) از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه همراه با میکوریز حاصل شد و کمترین مقدار آن نیز از تیمار آبیاری معادل نیاز آبی گیاه و بدون مصرف میکوریز بدست آمد. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش رطوبتی، هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه های گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی است که این موضوع در اثر افزایش سطح ریشه ویا طول ریشه های میکوریزی می‌باشد. نتایج این تحقیق با نتایج کویی لامبو(Quilambo, 2000) مبنی برافزایش وزن ریشه با تلقیح میکوریزا در شرایط تنش خشکی در بادام زمینی مطابقت داشت. وی گزارش نمود که تلقیح میکوریزایی باعث افزایش رشد ریشه و برگ و همچنین باعث افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و وزن ریشه تحت شرایط تنش خشکی و کمبود فسفر شد. بیشترین مقدار صفات وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از تیمار آبیاری مطلوب و مصرف میکوریز حاصل شد (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روی بر صفات عملکرد بیولوژیک و

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر صفت شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). با این وجود با مصرف روی در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی، صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب نسبت به تیمار های مشابه و بدون مصرف روی، افزایش یافتند. البته در شرایط تنش شدید خشکی، با مصرف روی، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می رسد که در شرایط محدودیت رطوبتی، مصرف روی شرایط را برای جذب آب و عناصر غذایی به دلیل افزایش قلیائیت خاک به شدت کاهش می یابد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که تاثیر متقابل میکوریز و روی برصفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مصرف میکوریزکلیه صفات مورد بررسی را نسبت به تیمار های مشابه و بدون میکوریز به طور نسبی افزایش داد. بیشترین عملکرد بیولوژیک از اثر متقابل مصرف۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار و بدون میکوریز حاصل شدکه با تیمار های مصرف میکوریز، بدون مصرف روی و مصرف توأم میکوریزا و ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار، در یک گروه آماری قرار گرفتند. همچنین بیشترین عملکرد دانه و شاخص برداشت و درصدکلونیزاسیون ریشه نیز از همین تیمار ها حاصل شد (جدول ۴). به نظر می رسد که با مصرف میکوریز و مصرف متعادل روی اگر چه تولید ماده خشک در گیاه کمی کاهش می یابد ولی می توان به عملکرد مطلوب دست یافت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان دادکه اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر صفات وزن خشک ریشه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد و بر کارایی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، مصرف ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار توأم با و بدون میکوریز به دست آمد که با تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف توأم ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار و مصرف میکوریز، در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

در شرایط مطلوب رطوبتی، مصرف روی توأم با میکوریز عملکرد بیولوژیک را افزایش داد اما در تنش شدید خشکی با مصرف روی توأم با میکوریز، عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول ۵). به نظر می رسد که در شرایط تنش شدید خشکی، مصرف کودهای شیمیایی اثرات منفی روی میکرواگانیسم های همزیست می گذارند. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک با استفاده از تیمارآبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه همراه با میکوریز + ۴۵ کیلو گرم سولفات روی درهکتار به دست آمد. البته در شرایط تنش ملایم گیاهان میکوریزی، اثرات تنش را تعدیل کرده لذا افت عملکرد در شرایط تنش ملایم خشکی کم بود (جدول ۵).

نتایج نشان داد که در سال دوم با آبیاری کامل و آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه توام با مصرف ۲۵ یا ۴۵ کیلو گرم در هکتار سولفات روی در هکتار می توان به عملکرد دانه قابل قبول دست یافت (جدول ۸). اثر چهار گانه تیمار های آزمایش نشان داد که در مجموع نتایج بدست آمده در سال دوم بهتر از سال اول بود (جداول ۱۰و۹).

نتایج دو ساله آزمایش حاضر نشان داد که اثر سال بر کلیه صفات مورد بررسی معنی دار بود (جدول ۲). مقدار صفات کلونیزاسیون ریشه، کارایی مصرف آب، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۶). بیشترین عملکرد دانه از تیمارهای اثر متقابل تلقیح میکوریز وآبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و همچنین اثر متقابل تلقیح میکوریز و ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار در

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۴ – مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثرات متقابل دو گانه تیمارهای آبیاری ، میکوریز و سولفات روی

Table 4. Mean comparisons of plant characteristics of maize in interaction effects of twofold irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Treatment		تیمار		کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
Irrigation	آبیاری	Mycorrhiza	میکوریز						
100% Requirment	۱۰۰درصد نیاز آبی	With(+M)	تلقیح	1.12 bc	30.53 a	32.96 a	7507.24 a	15228.91 a	49.29 a
		Without(-M)	عدم تلقیح	1.03 c	27.02 b	17.61 c	7055.86 ab	14424.64 b	48.91 a
75% Requirment	۷۵درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	1.29 a	26.24 b	28.71 b	6559.88 bc	13440.77 c	48.80 a
		Without(-M)	عدم تلقیح	1.21 ab	22.32 c	13.57 d	6072.45 c	13151.93d	46.17 b
50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	With (+M	تلقیح	1.34 a	27.17 b	b 28.61	4733.97 d	10955.06 e	43. 21 bc
		Without(-M)	عدم تلقیح	1.25 ab	18.77 d	13.50 d	4228.03 d	10516.60 f	40.20 c
Irrigation	آبیاری	Zn	روی						
100% Requirment	۱۰۰درصد نیاز آبی	Control	صفر	1.12 cd	27.96 b	22.23 ab	6965.09 abcd	14683.93 b	51.77 a
		$25kg.ha^{-1}$	۲۵ کیلوگرم در هکتار	1.02 d	33.77 a	22.17 ab	7306.90 ab	14168.12 c	49.80 ab
		$45kg.ha^{-1}$	۴۵ کیلوگرم در هکتار	1.09 cd	24.60 bcd	25.08 a	7572.67 a	15718.28 a	47.61 bc
75% Requirment	۷۵درصد نیاز آبی	Control	صفر	1.32 ab	26.32 b	22.31 b	5957.32 c	13779.72 d	48.29 b
		$25kg.ha^{-1}$	۲۵ کیلوگرم در هکتار	1.15 bcd	24.99 bc	21.33 ab	6517.60 bc	12263.10 e	48.11 b
		$45kg.ha^{-1}$	۴۵ کیلوگرم در هکتار	1.27 abc	21.52 cde	19.80 b	6623.58 bc	13846.22 d	47.55 bc
50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	Control	صفر	1.14 bcd	20.39 e	22.47 ab	4150.71 d	11199.86 f	41.14 e
		$25kg.ha^{-1}$	۲۵ کیلوگرم در هکتار	1.29 abc	27.52 b	22.58 ab	4405.96 d	10486.89 g	41.87 de
		$45kg.ha^{-1}$	۴۵ کیلوگرم در هکتار	1.44 a	20.99 de	21.62 a	4886.33 d	10520.74 g	44.69 cd
Mycorrhiza	میکوریزا	Zn	روی						
Without(-M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.18 ab	20.65 e	14.95 cd	6101.78 ab	13133.36 b	47.07 a
		$25kg.ha^{-1}$	۲۵ کیلوگرم در هکتار	1.21 ab	24.21 cd	13.22 d	6092.65 ab	13164.20 ab	46.76 a
		$45kg.ha^{-1}$	۴۵ کیلوگرم در هکتار	1.28 a	24.08 cd	16.51 c	6126.66 ab	13384.19 a	46.01 a
With(+M)	تلقیح	Control	صفر	1.20 ab	21.12 de	27.72 b	6125.53 ab	13308.98ab	47.06 a
		$25kg.ha^{-1}$	۲۵ کیلوگرم در هکتار	1.09 b	31.32 a	30.79 a	5459.60 b	11447.88 c	46.42a
		$45kg.ha^{-1}$	۴۵ کیلوگرم در هکتار	1.26 ab	28.66 ab	31.83 a	6351.21 a	13336.30 ab	47.22a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۵ – مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثرات متقابل سه گانه تیمارهای آبیاری، میکوریز و سولفات روی

Table 5. .Mean comparisons of plant characteristics of maize in interaction effects of threefold in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Treatment تیمار					کارایی مصرف آب	وزن خشک ریشه	کلونیزاسیون ریشه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
Irrigation آبیاری	Mycorrhiza	میکوریزا	Zn	روی	Water use efficiency (kg. m^{-3})	Root dry weight (g)	Root colonization (%)	Grain yield (kg. ha^{-1})	Biologic yield (kg. ha^{-1})	Harvest index (%)
۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% Requirment	Without(–M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.19 bcde	29.84 bcd	17.83 de	7520.46 abc	15181.92 b	53.50 a
	Without(–M)	عدم تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.09 cde	35.83 a	14.22 ef	7517.95 abc	15016.33 b	51 abc
	Without(–M)	عدم تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.06 de	25.93 cde	20.78 d	8106.31a	15668.50 a	45.78 defgh
	With (+M)	تلقیح	Control	صفر	1.03 de	26.08 cde	26.62 c	7039.03 abcd	14185.95 d	50.04 abcd
	With (+M)	تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	94 e.0	31.73 abc	30.00 bc	6412.23 bcde	13319.92 e	48.38 bcde
	With (+M)	تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.13 bcde	23.27 ef	29.38 bc	7716.33 ab	15768.07 a	49.44 abcde
۷۵درصد نیاز آبی 75% Requirment	Without(–M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.22 bcde	29.81 bcde	11.52 f	5897.63 de	11059.17 h	52.52 ab
	Without(–M)	عدم تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.26 bcde	23.97 def	14.22 ef	6438.78 bcde	11579.90 c	55 a
	Without(–M)	عدم تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.15 bcde	24.94 de	14.98 ef	5903.23 de	13816.73 de	42.72 ghi
	With (+M)	تلقیح	Control	صفر	1.42 ab	22.82 ef	27.10 c	7137.56 abcd	13476.05 ef	43.00 ab
	With (+M)	تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.04 de	26.02 cde	28.32 bc	5475.86 efg	13112.55 e	39.63 i
	With (+M)	تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.04 abc	18.11 fg	30.62 abc	7343.93 abc	13816.33 de	53.13 ab
۵۰ درصد نیاز آبی 50% Requirment	Without(–M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.12 bcde	26.32 cde	15.52 ef	4301.41 gh	10475.45 i	43.19 fghi
	Without(–M)	عدم تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.26 bcde	33.82 ab	11.22 f	4321.21 gh	11009.22 h	41.11 hi
	Without(–M)	عدم تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.63 a	21.38 ef	13.76 ef	5579.30 ef	11380.53 h	46.60 cdefg
	With (+M)	تلقیح	Control	صفر	1.16 bcde	14.47 g	29.43 bc	4000.00 h	11924.28 g	39.09 i
	With (+M)	تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1. 31 bcd	21.23 ef	ab.33.95	4490.81 fgh	9964.57 j	42.63 ghi
	With (+M)	تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.26 bcde	20.61 ef	35.48 a	4193.36 h	9660.95 j	42.79 ghi

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثر ساده سال و اثرات متقابل آبیاری × سال و میکوریز × سال در تیمارهای آبیاری ، میکوریز و سولفات روی

Table 6. Mean comparisons of plant characteristics of maize in effect of year, irrigation ×year and micorrihza× year in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Year سال			کارایی اقتصادی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه در مرحله خمیری Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
2006	۱۲۸۵		0.986b	29.12a	18.44b	5210.66b	13418.37 a	38.21b
2007	۱۳۸۶		1.43a	21.56b	26.56a	6875.15a	12507.60b	55.30a
Year سال ×	Irrigation آبیاری							
2006	۱۳۸۵	۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% Requirment	0.99cd	34.20a	18.54c	6927.22b	16250.57a	42.86b
		۷۵درصد نیاز آبی 75% Requirment	1.09c	25.44bc	1790c	55.44.51c	13560.80b	40.97b
		۵۰ درصد نیاز آبی50% Requirment	0.86d	27.72b	18.90c	3161.01d	10440.75e	30.81c
2007	۱۳۸۶	۱۰۰ درصد نیاز آبی 100% Requirment	1.14c	23.35c	27.73a	7336.75a	13460.98c	56.69a
		۷۵درصد نیاز آبی 75% Requirment	1.40b	23.12c	24.39b	7189.12ab	13030.90c	54.99a
		۵۰ درصد نیاز آبی 50% Requirment	1.72a	18.12d	27.56a	5801.21c	11030.91d	54.33a
Year سال ×	Micorrihza میکوریز							
2006	۱۳۸۵	عدم تلقیح Without(-M)	1.03b	32.45a	12.92d	5532.45b	14490.77a	37.63b
		تلقیح With (+M)	0.93b	25.79b	23.98b	4889.32c	12350.97c	38.80b
2007	۱۳۸۶	عدم تلقیح Without(-M)	1.41a	23.51b	16.87c	6682.87a	11970.73d	55.60a
		تلقیح With (+M)	1.44a	19.62c	36.25a	7069.22a	13050.47b	55.01a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثرات متقابل میکوریز× آبیاری × سال در تیمارهای آبیاری ، میکوریز و سولفات روی

Table 7. Mean comparisons of plant characteristics of maize in interaction effects of micorrihza × irrigation × year in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Year	سال	× Irrigation	آبیاری ×	Micorrihza	میکوریز	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
2006	1385	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	1.08cde	37.88a	15.22e	7504.12a	17370.44a	43.66c
2006	1385	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	0.91de	30.52b	21.87d	6350.25b	15130.70b	42.06cd
2006	1385	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	Without(-M)	عدم تلقیح	1.16c	27.93bc	12.12e	5775.84c	14890.03b	38.68d
2006	1385	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	With +M)	تلقیح	1.02cde	22.59d	2368cd	5313.22c	12230.56f	43.27c
2006	1385	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	0.86e	31.55b	11.41e	3319.75d	11200.84g	30.54e
2006	1385	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	0.86e	23.89cd	26.39c	3004.14d	9688.66i	31.07e
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	1.15cd	23.19d	20.00d	7511.21a	13210.38e	56.67a
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	1.14cd	23.52cd	35.47b	7761.13a	13720.58d	56.51a
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	Without(-M)	عدم تلقیح	1.25c	24.55cd	15.023e	6385.45b	11990.51f	53.41ab
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	With (+M)	تلقیح	1.55b	21.69d	33.76b	7992.65a	14070.30c	56.58a
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	1.82a	22.79d	15.59e	6149.23bc	10710.28h	56.73a
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	1.63ab	13.65e	39.52a	5452.12bc	11350.53g	51.93b

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثرات متقابل روی× آبیاری × سال در تیمارهای آبیاری ، میکوریز و سولفات روی

Table 8. Mean comparisons of plant characteristics of maize in interaction effects of Zn × irrigation × year in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatment

Year	سال	×	Irrigation	آبیاری	×	Zn	روی	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		Control	صفر	0.98f-h	30.03bc	16.55h	6829.10a-e	15140.03bc	45.19c
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.99f-h	42.55a	17.43gh	6911.55a-d	15780.25b	43.66cd
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.01f-h	28.61b-d	21.48e-g	7040.81a-c	17830.43a	39.74e
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		Control	صفر	1.13e-g	24.96d-f	15.85h	5533.30c-f	13750.31de	40.79de
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.95f-h	25.66c-d	18.82f-h	4899.25d-g	11850.50f	40.97de
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.20d-f	25.72c-d	19.03f-h	6198.08b-e	15090.58bc	41.15de
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		Control	صفر	1.02f-h	25.68c-e	16.87h	3471.75fg	11840.16f	29.64g
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.83h	32.87b	19.32f-h	2916.76g	10340.95g	28.34g
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		45kg.ha^{-1}	۴۵	0.89gh	24.62d-f	22.18d-f	3097.36g	9144.15h	33.94f
2007	1386		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		Control	صفر	1.23d-f	24.47d-f	27.73ab	8316.25a	14230.83cd	58.38a
2007	1386		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		25kg.ha^{-1}	۲۵	1.03f-h	25.00d-f	26.78a-c	7019.63abc	12560.00ef	55.95ab
2007	1386		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.17d-g	20.59fg	28.68a	7573.98abc	13610.13de	55.48ab
2007	1386		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		Control	صفر	1.51bc	27.67cd	22.77c-f	7702.90ab	13810.13de	55.78ab
2007	1386		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		25kg.ha^{-1}	۲۵	1.34c-e	24.33d-f	23.84b-e	7015.63abc	12680.71ef	55.25ab
2007	1386		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.35c-e	17.35gh	26.57a-c	6849.08a-e	12610.86ef	53.94b
2007	1386		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		Control	صفر	1.43cd	15.11h	29.75a	4830.68e-g	10560.56g	52.60b
2007	1386		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		25kg.ha^{-1}	۲۵	1.74b	22.18ef	25.83a-d	5896.16b-e	10630.83g	54.91b
2007	1386		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		45kg.ha^{-1}	۴۵	2.00a	17.38gh	26.90a-c	6675.30a-e	11900.33f	55.45ab

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول۹- مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثرات متقابل روی × میکوریز × آبیاری × سال در تیمارهای آبیاری ، میکوریز و سولفات روی

Table 9. Mean comparisons of plant characteristics of maize in interaction effects of Zn × Mycorrhiza × irrigation × year in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Year	سال	×	Irrigation	آبیاری	×	Micorrihza	میکوریز	×	Zn	روی	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		Without(-M)	عدم تلقیح		Control	صفر	1.07g-n	32.96 bc	16.00 j-n	7465.90 b-f	15580.16 cde	47.90f-h
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		Without(-M)	عدم تلقیح		25kg.ha^{-1}	۲۵	1.13f-n	43.39 a	11.77 mn	7860.70 a-e	17550.66 ab	44.84h-j
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		Without(-M)	عدم تلقیح		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.03h-n	34.46 b	18.23 h-m	7187.36 b-g	18970.50 a	38.24kl
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		With +M)	تلقیح		Control	صفر	0.89j-n	27.11 c-f	17.10 i-m	6193.30d-i	14690.90 d-g	42.47i-k
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		With (+M)	تلقیح		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.86 k-n	41.70 a	23.10 e-i	5963.40 e-j	14010.83 e-h	42.47i-k
2006	1385		100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی		With (+M)	تلقیح		45kg.ha^{-1}	۴۵	0.99 i-n	22.75 fgh	24.73 efg	6894.26 b-h	16690.36 bc	41.24jk
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		Without(-M)	عدم تلقیح		Control	صفر	1.26 d-k	28.48 b-f	10.20 n	5774.30 f-j	16040.73 bcd	35.25lm
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		Without(-M)	عدم تلقیح		25kg.ha^{-1}	۲۵	1.08 g-n	22.82 fgh	13.83 k-n	5584.53 f-j	13810.33 e-i	40.54jk
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		Without(-M)	عدم تلقیح		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.16 e-m	32.52 bc	12.33 lmn	5966.86 e-j	14830.03 d-g	40.24jk
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		With (+M)	تلقیح		Control	صفر	1.00 i-n	21.44 fgh	21.50 f-j	5292.30 g-k	11460.90 klm	46.33g-i
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		With (+M)	تلقیح		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.82 lmn	28.50 b-f	23.80 e-h	4215.96 j-n	9889.66 mn	41.40jk
2006	1385		75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب		With (+M)	تلقیح		45kg.ha^{-1}	۴۵	1.25 d-k	18.91 gh	25.73 ef	6430.30 d-i	15340.13 c-f	42.06i-k
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		Without(-M)	عدم تلقیح		Control	صفر	0.75 mn	33.15 bc	12.40 lmn	3563.53 k-n	11810.70 jkl	31.21 mn
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		Without(-M)	عدم تلقیح		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.95 i-n	42.71 a	10.00 n	3311.33lmn	12630.43 h-k	25.60o
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		Without(-M)	عدم تلقیح		45kg.ha^{-1}	۴۵	0.88 j-n	18.80 gh	11.83 mn	3082.93 mn	9160.40 no	33.80lm
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		With (+M)	تلقیح		Control	صفر	1.30 d-j	18.21 gh	21.33 f-j	3379.96 lmn	11880.63 jkl	28.07no
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		With (+M)	تلقیح		25kg.ha^{-1}	۲۵	0.72 n	23.03 fgh	28.63 de	2520.20 n	8055.46 o	31.07mn
2006	1385		50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی		With (+M)	تلقیح		45kg.ha^{-1}	۴۵	0.89 j-n	30.43 b-e	32.53 cd	3113.80 mn	9128.90 no	34.07lm

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

جدول ۱۰- مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در اثرات متقابل روی × میکوریز × آبیاری × سال در تیمارهای آبیاری، میکوریز و سولفات روی

Table10. Mean comparisons of plant characteristics of maize in interaction effects of Zn × Mycorrhiza × irrigation × year in irrigation, mycorrhiza and zinc sulfate treatments

Year	سال	× Irrigation	× آبیاری	Micorrihza	× میکوریز	Zn	روی	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg. m^{-3})	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg. ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biologic yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.31 d-j	23.89 e-h	20.00 f-k	8748.73 ab	14780.66 d-g	59.17ab
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.06 h-n	28.27 b-f	16.67 j-m	7176.20 b-g	12480.00 h-k	57.60abc
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.09 g-n	17.39 h	23.33 e-i	6608.56 d-h	12360.50 h-k	53.32cde
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	With +M)	تلقیح	Control	صفر	1.15 f-n	25.05 d-g	35.47 abc	7885.75 a-e	13690.00 f-j	57.60abc
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.01 h-n	21.72 fgh	36.90 abc	6861.06 b-h	12630.00 h-k	54.30b-e
2007	1386	100% Requirment	۱۰۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.25 d-k	23.79 e-h	34.03 bcd	8538.40 abc	14850.76 d-g	57.63abc
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	Without(-M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.18 e-l	31.13 bcd	12.83 lmn	6021.96 e-j	11440.70 klm	53.77cde
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	Without(-M)	عدم تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.44 d-h	25.12 d-g	14.61 k-n	7294.03 b-f	13120.76 g-k	55.06def
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	Without(-M)	عدم تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.15 f-n	17.40 h	17.63 h-m	5841.60 f-j	11400.06 klm	51.06def
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	With (+M)	تلقیح	Control	صفر	1.85 bc	24.21 e-h	32.70 cd	9383.83 a	16170.56 bcd	57.80abc
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	With (+M)	تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.25 d-k	23.54 e-h	33.07 cd	6737.76 c-h	12230.66 h-k	55.10a-d
2007	1386	75% Requirment	۷۵درصد نیاز آب	With (+M)	تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.55 b-f	17.31 h	35.50 abc	7858.56 a-e	13820.66 e-i	56.83abc
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	Control	صفر	1.49 c-g	19.49 gh	18.63 g-l	5040.30 h-l	9142.20 no	55.17a-d
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.57 be	24.92 d-g	12.40 lmn	5331.10g-k	9388.00 no	55.61a-d
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	Without(-M)	عدم تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	2.38 a	23.96 e-h	15.70 j-n	8077.66 a-d	13600.66 f-j	59.40a
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	Control	صفر	1.36 d-I	10.72 i	40.87 a	4621.06 im	11970.93 i-l	50.03efg
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	25kg.ha^{-1}	۲۵	1.91 b	19.43 gh	39.27 ab	6461.23 d-i	11870.66 jkl	54.20b-e
2007	1386	50% Requirment	۵۰ درصد نیاز آبی	With (+M)	تلقیح	45kg.ha^{-1}	۴۵	1.62 bcd	10.79 i	38.10 abc	5274.93 g-k	10190.0 lmn	51.50def

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار آماری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels using Duncan's Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

سال دوم حاصل شد (جدول ۷). اثر متقابل چهار گانه آبیاری × میکوریز× روی × سال نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در سال دوم از تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، تلقیح میکوریز و بدون مصرف روی حاصل شد که با تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، تلقیح میکوریزا و ۴۵ کیلو گرم سولفات روی درهکتار در همین سال در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۰).

به طور کلی نتایج تجزیه مرکب حاصل از دو ساله تحقیق نشان داد که با وجود بیشتر بودن عملکرد دانه و بیولوژیک در آبیاری مطلوب، به منظور استفاده ی بهینه از منابع آب و عناصر غذایی، می توان با آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف کودهای بیولوژیک و کود های حاوی عنصر روی به نتایج قابل قبولی دست یافت. لذا با مدیریت صحیح منابع آب و کاربرد تلفیقی کود های شیمیایی و کودهای بیولوژیک می توان زمینه مناسب جذب عناصر غذایی را در گیاه ایجاد نمود و از طرفی در هزینه های مربوط به تامین و توزیع کودهای شیمیایی صرفه جویی به عمل آورده و از اثرات سوء مصرف بی رویه آنها اجتناب نمود.

منابع مورد استفاده

References

Alizadeh, A. 2005. Effects of different levels of nitrogen and drought stress absorption and micorrhizal symbiosis in maize. Ph.D. Thesis Islamic Azad University. Research and Science Unit. Ahvaz. Iran (In Persian with English abstract).

Al – kaisi, M. M., and Xinhua, yin. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. Agron. J. 95: 1475 - 1482.

Allen, R. R. and J. T. Musik. 1993. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum.Trans. ASAE 36 (4):1123- 1129.

Allowy, B. Y. and A. F. Tills. 1984. Copper deficiency in world. Outlook Agric. 13:32-42.

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

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

Cheong, Y.H., K. N. Kim, G. K. Pandey, R. Gupta, J. J. Grant, and S. Luan. 2003. CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. The Plant Cell. 15: 1833-1845.

Clark, R. D. and S. K. Zeto. 1996. Growth and root colonization of mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. Soil Biol. and Biochem. 28: 1495- 1503.

Cox, W. J. and G. D. Julliff. 1988. Growth and yield of sunflower and soybean under soil deficits. Agron. J. 78:226-230.

Elwan, L. M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants .Zagazig J. Agric. Res. 28:162-172.

Ghazi, A.K. and B. M. Zak. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14:263-269.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular- arbuscular infection in roots. New Phytol. 84:489-500.

Gu, W. L., J. Y. Dai, X. Y. Shen and C. Wang. 1989. Drought resistance of maize at different growth stage. Plant Physiol. Comm. 3: 18-21.

Hopkins, W. G. and N. P. Huner. 2004. Introduction to plant physiology (3rd Ed.). John Wiely & Sons. Inc.New york. 560 p.

Hugh, J. E. and R. F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agron. J. 95: 688- 696.

Jakobsen, I. and N. E. Nielsen. 1983. Vesicular arbuscular mycorrhiza in field grown crops. 1. Mycorrhizal infection in cereals and peas at various times and soil depths. New Phytol. 93:401-413.

Jose, C. F. lnma, D. Phillippe and M. Faci. 2000. Simulation of maize yield under water stress with the EPIC phase and CROPWAT Modeles . Agron . J . 92: 669- 679.

Karasawa, T., Y. Kasahara and M. Takebe. 2001. Variable response of growth and arbuscular mycorrhizal colonization of maize plant to preceding crops in various types of soils. Biol. and Fertility of Soil. 33: 286-293.

Khanam, D., M. A. U. Mridha and A. R. M. Solaiman. 2006. Comparative study of arbuscular mycorrhizal association with different agricultural crops among four areas of Bangladesh. J. Agric. 44(2):147-159.

Koocheki, A and G. Sarmadnia.1999. Physiology of crop plants. Jahad University of Mashhad puplications. 400 p (In Persian).

Koske, R. E. and J. N. Gemma. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol. Res. 92:486-488.

Marschner, H. 1993. Zinc in soil and plant in: A. D. Robon (Ed.) Kluwer Academic Publishers, Drodrcht, The Netherlands, 55-77.

Mojdam, M. 2006. Effects of water deficit stress and nitrogen use management on agrophysiological characteristic and grain yield SC704 in Khuzestan. Ph.D Thesis Islamic Azad University. Research and Science Unit. Ahvaz . Iran (In Persian with English abstract).

Osonubi, O., K. Mulongoy .O.O. Awotoye. M.O. Atayese and D.U.U. Okali 1991. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. Plant Soil. 136:131-143.

Osonubi, O. 1994. Comparative effects of vesicular- arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization on growth and phosphorus uptake of maize (*zea mays*. L.) and sorghum (*sorghum bicolor*) plants under drought-stressed condition. Biol. and Fertility of Soil. 18: 55-59.

Otegul, M. E., F. H. Anderson and E. E. Suero. 1995. Growth, water use and kernel aboration of maize subjected to drought at silking. Field Crop Res. 40: 87- 94.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

Quilambo, O. A. 2000. Functioning of peanut under nutrient deficiency and drought stress in relation to symbiotic associated. Ph.D thesis university of Groningen.The Netherlands.

.**Ramazanzadeh, H., Sh. Avestan and A. Reihanitabar. 2007**. Some facrtors of effective on zinc absorption in calcareous soil. 10th Iranian Soil Science Congress. 12–14 Aug 2007 .Karaj. Iran (In Persian).

Read, D. J., H. K. Koucheki and J. Hodgaon. 1976. Vesicular arbuscular mycorrhiza in natural vegetation system. New Phytol. 77:641-653

Siddique, K. H. M. and B. Whan. 1994. Ear: stem ratio in breeding population of wheat: significance for yield improvement. Euphytica. 73:241-254.

Song. H. 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms .Electronic journal of Biology. Vol. 1(3):44- 48.

Vamerali T. M. Saccomani. S. Mosca, N. Guarise, and A. ganis. 2003. A comparison of root charactertics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. Plant and Soil 25. 157- 167.

Xiong, L., K. S. Schumaker and J. K. Zhu. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. The Plant Cell. 14: 165- 183.

Zahra, I. T. and T. E. Loynachan. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. Agron. J. 95(1): 224-230.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]

Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704

Sajedi[1], N. A. and A. Sajedi [2]

ABSTRACT

Sajedi, N. A and A. Sajedi 2009. Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. **Iranian Journal of Crop Sciences. 11 (3): 202-222 (In Persian).**

To study the effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize (cv. KSC 704), a field experiment was carried out in factorial arrangement using randomized complete block design with three replications at research field station of College of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Arak, Iran, in 2006 and 2007 cropping seasons. The experimental factors included of three levels of irrigations: irrigation equal to crop water requirement (control), irrigation equal to 75% of crop water requirement and irrigation equal to 50% of crop water requirement, inoculation with mycorrhiza fungi (*Glumus intraradices*) at two levels: inoculation with and without, and zinc sulphate at three levels: 0 , 25 and 45 kg.ha^{-1}. The results of combined analysis of variance showed that, drought stress significantly affected water use efficiency, root dry weight, grain yield, biologic yield and harvest index. Drought stress reduced grain yield, biologic yield and harvest index but increased water use efficiency. Effect of mycorrhiza was also significant on traits of root dry weight, percent of root colonization and biologic yield. Inoculation with mycorrhiza improved the concerend traits as compared to control. Application of 45 kg.ha^{-1} zinc sulfate significantly increased biologic yield, however, increases in grain yield was not significant. The highest root dry weight and percentage of root colonization was observed in 25 kg.ha^{-1} zinc sulfate. Inoculation with mycorrhiza improved concerned traits as compared to non- mycorrhiza not only in optimum irrigation level but also in drought stress conditions. Irrigation × mycorrhiza × zinc interactions on root dry weight, grain yield, biologic yield, harvest index and water use efficiency was significant. The highest grain yield was obtained from optimum irrigation (control) + no mycorrhiza + 45 kg.ha^{-1} zinc sulfate. It is concluded that with irrigation equal to 75% of water requirement + inoculation with mycorrhiza + 45 kg.ha^{-1} zinc sulfate obtain optimum yield.

Key words: Drought stress, Maize, Mycorrhiza, Water Use Efficiency and Zn.

Received: January, 2008

1- Faculty member, Arak Unit, Islamic Azad University, Arak, Iran (Corresponding author)
2- M. Sc. student, Arak Unit, Islamic Azad University, Arak, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1388.11.3.2.6]