

برهمکنش تنش خشکی، روی و میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ذرت

نورعلی ساجدی*، عضو هیات علمی و باشگاه پژوهشگران دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
حمید مدنی، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت در گیاه ذرت میکوریزایی تحت تنش خشکی، آزمایشی در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در غالب 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 معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه، تلقیح با میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح شامل تلقیح و عدم تلقیح و روی در سه سطح شامل شاهد (صفر)، ۲۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات روی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شاخص برداشت، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. تاثیر میکوریزا بر صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن بلال و عملکرد دانه معنی دار بود. مصرف میکوریزا هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش، عملکرد و اجزای آن را نسبت به تیمار های مشابه و بدون مصرف میکوریزا افزایش داد. کاربرد میکوریزا و روی هر کدام در شرایط آبیاری مطلوب صفات مورد بررسی را افزایش دادند. نتایج نشان داد که با آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه، مصرف میکوریزا و کاربرد ۴۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی می توان به عملکرد مطلوب دست یافت.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، ذرت، سولفات روی، عملکرد دانه، میکوریزا

* نویسنده رابط: E-mail: ali_sajedi52@yahoo.com

مقدمه

ذرت به دلیل داشتن ویژگی های مطلوب از جمله سازگاری با شرایط اقلیمی متنوع، به سرعت در تمام دنیا گسترش یافته است. با توجه به نیاز کشور به مواد پروتئینی و نیز نقش ذرت در تغذیه دام و طیور ضرورت افزایش تولید آن در ایران کاملاً محسوس می باشد. اگر چه آب فراوان ترین ترکیب کره زمین به حساب می آید ولی در عین حال مهمترین عامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در سطح جهان به شمار می رود (۹). به طور کلی در ارزیابی های انجام شده در طی زمان، گیاهان با تغییرات شرایط محیطی مواجه بوده اند (۱۳). از این میان خشکی به عنوان مهمترین فاکتور محدود کننده غیر زنده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می شود (۱۶). تنش خشکی از تنش های عمومی می باشد که اثرات بسیار نامطلوبی بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می گذارد (۳۴). تنش خشکی باعث خسارات به غشا و سیستم فتوسنتزی می شود. فتوسنتز می تواند به وسیله ی تنش خشکی از دو طریق تحت تاثیر قرار گیرد. اول بسته شدن روزنه ها و نرسیدن دی اکسید کربن به کلروپلاست و دوم از طریق کاهش پتانسیل آب سلول بر روی ساختمان های پیچیده فتوسنتزی اثر می گذارد. هم چنین تنش خشکی رشد ریشه و ساقه را تحت تاثیر قرار می دهد و ممکن است باعث کاهش در سطح برگ گیاهان شود (۲۱). هوغ و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر تنش رطوبتی بر ذرت اظهار نمودند که عملکرد دانه در شرایط تنش متوسط و شدید در سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۱۳ و ۲۶ درصد کاهش یافت (۲۲). جوز و همکاران (۲۰۰۰) در بررسی تنش خشکی بر تولید ذرت اعلام کردند، عملکرد بالای ذرت مستلزم تامین آب کافی در طول دوره ی رشد می باشد. رفیعی (۱۳۸۱) گزارش نمود تنش خشکی با تاثیر منفی در رشد و نمو اندام های زایشی ذرت موجب کاهش اجزاء عملکرد و به موازات آن کاهش عملکرد دانه شد. به عقیده ی نوود (۲۰۰۰)، مدیریت نامناسب آبیاری و کودهای شیمیایی اصلی ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد ذرت محسوب می شود.

حاصل خیزی خاک ها و مدیریت مصرف نهاده های شیمیایی بستگی به رطوبت خاک دارد. در شرایط تنش خشکی در انتقال مواد غذایی در گیاه اختلال ایجاد می شود اما برخی از قارچ های مفید خاکزی مانند میکوریزا با تشکیل کلونی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، تولید در گیاهان زراعی تحت تنش را بهبود می بخشد (۱۲). موسوی جنگلی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش نمودند، قارچ های میکوریزا پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تاثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می شود. همزیستی قارچ میکوریزا با اغلب گیاهان منجر به تولید کلنی هایی در بخش خارجی ریشه شده و تحت شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید تعدادی از گیاهان زراعی می شود. بهبود تولید در گیاهان میکوریزی را به جذب بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر روی و مس نسبت می دهند به علاوه فاکتورهای دیگر ترکیب شده به همراه کلنی های

تشکیل شده به وسیله میکوریزا ممکن است مقاومت گیاهان به خشکی را تحت تاثیر قرار دهد. این تغییرات شامل ارتفاع برگ، بهبود آب و پتانسیل تورگر برگ، کنترل منافذ روزنه ای و تعرق، افزایش طول و عمق ریشه و توسعه هیف های انتها یی می باشد (۱۹). قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را به وسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق کاهش مقاومت روزنه ای بوسیله تغییر در تعادل هورمون های گیاهی بهبود می بخشد این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزایی تحت تنش خشکی می شود (۱۷). جاکوبسن و نیلسن (۱۹۸۳) گزارش نمودند کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ میکوریز در گونه های گیاهی گوناگون که در خاک های مختلف رشد می کنند، متفاوت می باشد (۲۴). سونگ (۲۰۰۵) گزارش نمود 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 به اثرات مثبت میکوریز مرتبط دانست (۳۲).

کمبود روی یکی از متداول ترین مشکلات تغذیه ای گیاهان زراعی و باغی در خاک های آهنکی است (۵). حد بحرانی مقدار روی در خاک های زراعی حدود ۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم است و در کلیه محصولات زراعی حساس از قبیل ذرت، برنج، سویا، سورگوم که در خاک های با مقادیر کمتر از آن رشد می کنند، باید نسبت به مصرف آن اقدام نمود (۴). این عنصر به طور غیر مستقیم در ایجاد فشار اسمزی و محدود شدن جذب آب تحت شرایط کمبود روی به وسیله گیاه دخالت می کند. کاکمک (۲۰۰۰) گزارش نمود که کمبود روی یکی از مشکلات گندمکاری های ترکیه است به طوری که مصرف روی سبب ۵ تا ۱۵ درصد افزایش عملکرد گندم می شود (۱۵). روی یا به عنوان بخش فلزی آنزیم ها در ساختمان آن ها و یا به عنوان فعال کننده شماری از آنزیم ها از جمله سوپر اکسید دیسموتاز می باشد. آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز آنزیمی است که در کلروپلاست بوده و مس و روی در ساختمان آن وجود دارد که در بر طرف کردن رادیکال آزاد اکسیژن تولید شده در اثر تنش خشکی نقش مهمی را ایفا می کند (۳). نقش روی در حفظ سلامت غشاها و مقاومت گیاهیچه ها به بیماری های خاکزی مورد تایید قرار گرفته است. همچنین روی سطوح اکسین (ایندول اسید استیک) را در گیاه تحت تاثیر قرار می دهد. به طوری که کمبود آن موجب توقف رشد می شود. در اثر کمبود روی تشکیل اندام های نر و دانه گرده آسیب دیده، عمل گرده افشانی مختل و در نتیجه عملکرد به شدت پایین می آید. که علت این امر کاهش مقدار اسید ایندول اسنیک ذکر گردیده است (۱۴). مارشمر (۱۹۹۳) گزارش کرد در اثر مصرف آهن و روی در ذرت مقدار کل کربوهیدرات نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافته و با افزایش کربوهیدرات، وزن دانه، تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت (۲۷). فسکو و لوزک (۱۹۹۸) اثر منابع روی بر عملکرد، مقدار پروتئین و جذب عناصر پرمصرف در ذرت دانه ای را مورد بررسی قرار دادند. مقدار متوسط پروتئین دانه و عملکرد در سه سال کود دهی به طور معنی داری افزایش یافت (۱۸). لذا با توجه

به این که کشورمان از مناطق خشک و نیمه خشک می باشد، و در مناطق ذرت کاری، کشت این گیاه همزمان با کشت محصولاتی است که از نیاز آبی بالایی برخوردار است، لذا با استفاده بهینه از منابع آبی و تقویت مکانیسم های مقاومت به تنش خشکی می توان نقش مهمی در مدیریت تولید محصولات زراعی ایفا نمود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۵ در مزرعه آموزشی تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور های مورد مطالعه شامل رژیم رطوبتی در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه که از مرحله چهار برگی بعد از تنک مزرعه تا پایان رشد اعمال گردید. آبیاری در تیمار بدون تنش کمبود آب، معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه و تبخیر روزانه از تشتک اندازه گیری و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی، میزان آب مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. آبیاری کرت ها توسط لوله های پلی اتیلن و حجم آب ورودی به کرت با کنتور آب کنترل شد. حجم کل آب مصرفی برای تیمار های ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به ترتیب ۶۹۲۲/۲۲، ۵۱۲۲/۲۲ و ۳۴۶۶/۶۶ متر مکعب در هکتار بود. فرشی و همکاران (۱۳۷۶) گزارش نمودند که نیاز خالص آب آبیاری (بدون احتساب راندمان) در اراک برای ۱۰۰ درصد تولید ذرت دانه ای ۷۱۴۰ متر مکعب در هکتار می باشد (۷). در عنصر روی از منبع سولفات روی در سه سطح صفر، ۲۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار که در زمان کاشت به صورت مصرف خاکی مورد استفاده قرار گرفت.

تلقیح با میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح با مصرف (جمعیت ۲۵۰ 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 تاثیر جمعیت بومی میکوریزای موجود در خاک بر تیمار های آزمایشی یکسان در نظر گرفته شد. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم در پاییز و دو دیسک عمود بر هم در اردیبهشت، ایجاد جوی و پشته و کرت بود. هر کرت آزمایشی به طول ۶ متر و عرض ۳ متر شامل پنج خط کاشت به فاصله ۶۰ سانتی متر و فاصله بوته ها روی خطوط ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. تا تراکم ۸۳۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شود. بین دو کرت دو خط به صورت نکاشت باقی ماند. کاشت در بیست و نهم اردیبهشت ماه ۱۳۸۵ انجام گرفت. کود های پایه N.P.K به ترتیب به مقدار ۴۰۰ کیلو گرم اوره، ۲۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار استفاده شد. یک سوم کود نیتروژن، تمام کود فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک در هنگام کاشت و بقیه کود نیتروژن طی دو مرحله به صورت سرک در فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش از ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس،

تک بلال و دندان اسبی) استفاده شد. بذور از شرکت کشت و صنعت شهید بهشتی اهواز تهیه شد. به منظور افزایش همزیستی مایه تلقیح با بذر از بذور ضد عفونی نشده استفاده گردید. برداشت نهایی در چهاردهم مهرماه ۱۳۸۵ به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه ها، که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص شد، صورت گرفت. در برداشت نهایی ۱۰ بوته از وسط هر کرت به روش دستی برداشت شد. عملکرد دانه در هکتار نیز با رطوبت ۱۵٪ تعیین شد. برای تعیین شاخص برداشت از رابطه ۱ استفاده شد (۴).

$$\text{رابطه ۱)} \quad 100 \times (\text{عملکرد بیولوژیک} / \text{عملکرد دانه}) = \text{شاخص برداشت}$$

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری

هدایت الکتریکی ($\mu\text{m/cm}^3$)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	ازت کل (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)
۱/۱	۷/۵	۰/۸۲	۰/۰۳	۲۹	۳۵	۳۶
فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	مس (mg/kg)	بور (mg/kg)
۴/۴	۲۷۱	۹/۱	۰/۸	۱/۴۴	۳/۸۶	۰/۲۸

برای محاسبه درصد کلونی زایی ریشه در مرحله خمیری شدن دانه دو روز پس از آبیاری از هر کرت چهار بوته به طور تصادفی انتخاب و ریشه های آنها به همراه خاک اطراف ریشه برداشت شد. برای جلوگیری از قطع ریشه های موئین ریشه ها در جوی پر از آب در مزرعه قرار داده شد و به دقت شسته و تمیز گردیدند. سپس سه گرم از ریشه های موئین جدا گردید. ریشه ها با محلول تری پن بلو به روش گیوانی و موسه (۱۹۸۰) رنگ آمیزی و سپس ریشه های موئین رنگ آمیزی شده به طول حدود یک سانتی متری درپتری دیش مشبک (روش صفحه مشبک) که با استفاده از خطوط عمودی و افقی مربعات یک سانتی متر تشکیل شده بود، به صورت تصادفی پخش و با استفاده از میکروسکوپ ریشه های آلوده و غیره آلوده مورد ارزیابی قرار گرفتند. ریشه های آلوده حاوی اندام های قارچی شامل میسلیم، کیسه^۱ یا بوته^۱ بودند. درصد کلونی زایی ریشه از رابطه ۲ محاسبه شد (۲۳).

$$\text{رابطه ۲)} \quad \text{مجموع قطعات آلوده و غیر آلوده} / \text{تعداد قطعات آلوده به میکوریزا} = \text{درصد کلونی زایی ریشه}$$

کلیه تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام پذیرفت. برای رسم جداول از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی نشان داد که اثر سطوح آبیاری به غیر از درصد کلونی زایی ریشه، بر سایر صفات اندازه گیری شده معنی دار بود (جدول ۲). صفات مورد بررسی به شدت تحت تاثیر تیمارهای تنش قرار گرفتند. اعمال تنش، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن بلال و عملکرد دانه را به ترتیب ۰۸/۰۴، ۳۱/۱۶، ۳۳/۵۴ و ۳۷/۵۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. تنش اعمال شده هم مرحله رویشی و هم مرحله زایشی را تحت تاثیر قرار داد. به نظر می رسد، در مرحله رویشی تنش خشکی منجر به کوچک شدن سطح برگ و کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ می شود و در نتیجه کاهش عملکرد در این مرحله به واسطه کاهش تعداد دانه در بلال می باشد. اما کاهش عملکرد در مرحله ی زایشی به واسطه کاهش دوره ی پر شدن دانه ها، کوچک شدن دانه ها و کاهش وزن دانه ها می باشد.

حکمت شعار (۱۳۷۲) گزارش کردند، کاهش شدید عملکرد و اجزای آن در تیمار تنش شدید (آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه) را می توان به علت کاهش شدید شدت فتوسنتز و توقف کلروفیل سازی، کاهش فعالیت آنزیم های احیا کننده ی نترات و افزایش آنزیم های هیدرولیز کننده مثل آمیلاز دانست. کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی توسط دیگر محققان به تایید رسیده و آنها علت این امر را کاهش تعداد دانه و وزن هزار دانه می دانند (۹). اثر تیمار آبیاری بر صفت درصد پوکی بلال در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین درصد پوکی بلال (۱۴/۱۴) مربوط به آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین درصد پوکی بلال (۹/۶) مربوط به آبیاری معادل نیاز آبی گیاه بود. محققین عامل اصلی پوکی بلال را تنش های رطوبتی و حرارتی در زمان گرده افشانی گزارش کرده اند. تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت شد. اثر تیمار آبیاری بر شاخص برداشت نشان داد که بین آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی از نظر آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت اما با اعمال تیمار تنش شدید خشکی شاخص برداشت کاهش معنی داری یافت. نتایج این تحقیق با نتایج سیدیک و هان (۱۹۹۴) و خاکپور (۱۳۷۵) مطابقت دارد. آنها دلیل کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی را به افت عملکرد نسبت دادند و دلیل کاهش عملکرد دانه را کاهش سطح برگ، طول و وزن بلال، تعداد بلال و عملکرد بیولوژیک برشمردند. اثر میکوریزا بر صفات تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن بلال و عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۲) ولی بر سایر صفات اثر معنی داری

نداشت. با این وجود با مصرف میکوریزا مقدار پارامترهای اندازه گیری شده افزایش یافتند. تلقیح میکوریزا عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۱۱/۶ درصد افزایش داد (جدول ۳). اورتاز (۱۹۹۶) علت افزایش عملکرد را به افزایش اجزای عملکرد مرتبط دانست و افزایش اجزای عملکرد را نیز به تاثیر مثبت میکوریزا در افزایش سطح جذب ریشه ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک و انتقال آب و مواد غذایی به اندام های هوایی و بهبود رشد و نمو گیاه دانست. اثر تیمار میکوریزا بر صفت درصد پوکی بلال معنی دار نشد (جدول ۲). با این وجود بیشترین صفت درصد پوکی بلال (۱۱/۸۹) از تیمار بدون میکوریزا و کمترین درصد پوکی بلال (۱۱/۴۵) از تیمار مصرف میکوریزا به دست آمد. اثر تیمار میکوریزا بر شاخص برداشت معنی دار نبود، با این وجود بیشترین شاخص برداشت (۳۸/۸۰) با تلقیح میکوریزا حاصل شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر سطوح مختلف روی بر عملکرد و اجزاء عملکرد معنی دار نبود (جدول ۲) با این وجود مصرف روی عملکرد و اجزاء آن را افزایش داد. بیشترین مقادیر عملکرد دانه و اجزای آن با مصرف ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار حاصل شد (جدول ۳). افزایش عملکرد دانه در ذرت با کاربرد عناصر کم مصرف و به ویژه روی توسط بسیاری از محققین به تایید رسیده است مارشنر (۱۹۹۳) و کاکمک (۲۰۰۰) علت افزایش عملکرد و اجزای آن را به بهبود گرده افشانی و تلقیح، عدم پوکی بلال و تعدیل در جذب عناصر غذایی نسبت داده اند. اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر صفات مورد بررسی معنی دار نشد (جدول ۲). با این وجود تیمارها در گروه های مختلف آماری قرار گرفتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین مقدار صفات مورد بررسی از اثر متقابل شرایط مطلوب رطوبتی و مصرف میکوریزا حاصل شد. نکته حائز اهمیت اینکه در شرایط تنش ملایم (آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه) کاربرد میکوریزا عملکرد و اجزای عملکرد را نسبت به شرایط مشابه و بدون مصرف میکوریزا افزایش داد که با تیمار آبیاری کامل و بدون میکوریزا تفاوت معنی دار نداشت. به طور کلی مصرف میکوریزا هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش عملکرد و اجزای آن را نسبت به تیمارهای مشابه و بدون مصرف میکوریزا افزایش داد. به نظر می رسد که گیاهان میکوریزایی در شرایط تنش مکانسیم های حفاظتی فعال تری را نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی در همین شرایط دارا می باشد که به عقیده لیو و همکاران (۲۰۰۰) دلیل آن کمتر بودن غلظت های آبسزیک اسید در شیره ی خام و افزایش هورمون های ایندول اسیداستیک و جیبرلین اشاره نمود. اثر متقابل دو گانه تنش خشکی و روی بر عملکرد و اجزای آن معنی دار نشد (جدول ۳) با این وجود تیمارهای آزمایشی از نظر آماری در سطوح مختلف قرار گرفتند.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن بلال
تکرار	۲	۰/۴۴ ^{ns}	۱۰/۴۲ ^{ns}	۱۵۷۳/۶۵ ^{ns}	۳۳/۰۱ ^{ns}
آبیاری	۲	۱/۳۰۷*	۸۶۰/۷۳**	۲۱۷۳۱۱/۱۳**	۱۷۱۰۵/۶۷**
میکوریزا	۱	۰/۰۰۳ ^{ns}	۷۶/۸۰*	۲۲۱۳۵/۲۷*	۱۴۰۰/۷۶*
آبیاری × میکوریزا	۲	۰/۳۳۳ ^{ns}	۱۷/۵۷ ^{ns}	۹۷۷۱/۳۳ ^{ns}	۴۰۱/۸۸ ^{ns}
روی	۲	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲۹/۶۴ ^{ns}	۵۸۵۴/۷۳ ^{ns}	۲۹۱/۶۱ ^{ns}
آبیاری × روی	۴	۰/۷۰۲ ^{ns}	۸/۹۶ ^{ns}	۴۷۱۲/۳۵ ^{ns}	۱۱۳/۹۱ ^{ns}
میکوریزا × روی	۲	۰/۳۵۶ ^{ns}	۳۴/۴۲ ^{ns}	۸۲۶۳/۶۰ ^{ns}	۶۰۴/۸۳ ^{ns}
آبیاری × میکوریزا × روی	۴	۰/۳۵۹ ^{ns}	۱۲/۶۴ ^{ns}	۳۰۳۰/۳۱ ^{ns}	۶۳/۶۷ ^{ns}
خطای آزمایش	۳۴	۰/۳۹۲	۱۸/۱۱۹	۴۶۳۶/۷۱	۲۲۴/۱۱
ضریب تغییرات(%)		۴/۲۴	۱۱/۳۰	۱۲/۲۵	۱۷/۵۹

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی دار

(ادامه جدول ۲)

منابع تغییر	درجه آزادی	پوکی بلال	شاخص برداشت	کلونی زائی میکوریزائی ریشه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۶/۶۳ ^{ns}	۵/۰۹ ^{ns}	۵۵/۲۶۱ ^{ns}	۲۴۴۸۶۰/۱۸۵ ^{ns}
آبیاری	۲	۹۵/۰۷**	۷۵۶/۸۷*	۴۵/۵۲۵ ^{ns}	۶۵۳۱۳۶۱۲/۴۴۴**
میکوریزا	۱	۲/۵۷ ^{ns}	۱۸/۵۹ ^{ns}	۵۲۵۲/۵۶۵**	۵۵۸۹۲۱۴/۲۶۷*
آبیاری × میکوریزا	۲	۷/۰۷ ^{ns}	۴۴/۴۳ ^{ns}	۱۵۸/۷۹۸**	۹۰۳۰۶۸/۹۹۲ ^{ns}
روی	۲	۲/۱۶ ^{ns}	۲/۳۸ ^{ns}	۷۸/۹۴۰ ^{ns}	۱۳۵۶۲۶۲/۵۶۶ ^{ns}
آبیاری × روی	۴	۲/۱۸ ^{ns}	۴۵/۱۳*	۴/۸۰۳ ^{ns}	۸۶۱۶۹۷/۰۶۰ ^{ns}
میکوریزا × روی	۲	۲/۹۳ ^{ns}	۰/۹۵ ^{ns}	۵۲/۲۴۲ ^{ns}	۲۲۶۶۵۵۰/۴۸۷ ^{ns}
آبیاری × میکوریزا × روی	۴	۵/۳۵ ^{ns}	۴۷/۹۴*	۳۴/۹۱۳ ^{ns}	۱۲۳۰۲۳/۳۳۲ ^{ns}
خطای آزمایش	۳۴	۳/۵۷	۱۴/۴۶	۱۸/۳۱۰	۸۱۷۸۲۸/۴۳۴
ضریب تغییرات(%)		۱۶/۲۰	۹/۹۵	۱۹/۰۱	۱۷/۳۰

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪، ns: غیر معنی دار

بیشترین مقدار عملکرد دانه و اجزای آن از اثر متقابل آبیاری مطلوب و کاربرد ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار حاصل شد. با توجه به نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین ها با افزایش شدت تنش عملکرد و اجزای آن به شدت کاهش یافت اما در شرایط تنش ملایم کاربرد ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار باعث افزایش عملکرد و اجزای آن شد به نظر می رسد علت آن تعدیل اثرات شدید تنش از طریق تنظیم فشار اسمزی سلول توسط روی باشد. نتایج این تحقیق با نتایج کاکمک (۲۰۰۰) همسو می باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات مورد مطالعه

تیمار	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن بلال (gr)	پوکی بلال (درصد)	شاخص برداشت (درصد)	شاخص کلونی زائی میکوریزائی ریشه (درصد)	عملکرد دانه (kg/ha)
آبیاری								
I ₁₀₀	۱۵/۰۴a	۴۳/۷۳ a	۶۵۳/۶۵ a	۱۱۲/۳۳a	۹/۶۰c	۴۲/۸۶a	۲۳/۱۴ a	۶۹۲۷/۱۵ a
I ₇₅	۱۴/۷۱ab	۳۹/۱۶ b	۵۷۶/۷۵ b	۹۱/۳۳ b	۱۱/۲۷ b	۴۰/۶۷a	۲۱/۱۴ a	۵۵۴۳/۵۴b
I ₅₀	۱۴/۵۱b	۳۰/۱۴4 c	۴۳۶/۹۲c	۵۱/۶۳ c	۱۴/۱۴a	۳۰/۸۰b	۲۱/۲۳ a	۳۱۶۱/۲۹c
میکوریزا								
+M	۱۴/۷۶a	۳۸/۸۷a	۵۷۶/۰۲a	۹۰/۱۹a	۱۱/۴۵a	۳۷/۶۲a	۳۰/۱۱ a	۵۵۳۲/۳۸a
-M	۱۴/۷۴a	۳۶/۴۸b	۵۳۵/۵۳ b	۸۰/۰۰b	۱۱/۸۹a	۳۸/۸۰a	۱۴/۸۹ b	۴۸۸۸/۶۴b
سولفات روی								
0	۱۴/۷۵a	۳۷/۶۷a	۵۵۲/۶۲a	۸۵/۵۰a	۱۲/۰۷a	۳۸/۵۴a	۲۱/۳۳ a	۵۲۷۷/۷۱a
25	۱۴/۷۶a	۳۶/۴۰a	۵۳۹/۵۲a	۸۰/۸۸a	۱۱/۵۰a	۳۷/۸۲ a	۲۲/۰۱ a	۴۹۰۸/۸۵a
45	۱۴/۷۴a	۳۷/۹۶a	۵۷۵/۱۷a	۸۸/۹۰a	۱۱/۴۴a	۳۸/۲۷a	۲۴/۱۷ a	۵۴۴۵/۴۲a

تیمارها دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر عامل در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند I₁₀₀: آبیاری معادل ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه، I₇₅: آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، I₅₀: آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و +M: مصرف میکوریزا، -M: بدون میکوریزا

اثر متقابل روی و میکوریزا بر عملکرد و اجزای آن معنی دار نبود (جدول ۲). عدم تاثیر معنی دار میکوریزا و روی بر عملکرد و اجزای آن نشان دهنده روند تغییرات نسبتا یکسان عملکرد دانه و بیوماس کل بود به عبارتی به نظر می رسد کاربرد میکوریزا و روی تغییری در توزیع آسمیلات به وجود نیاورد. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نشان داد که به عملکرد قابل قبول دست یافت (جدول ۴). اثر متقابل سه گانه ی تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی تاثیر معنی داری نداشت (جدول ۲). نتایج نشان می دهد که که با آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبی گیاه، مصرف میکوریزا و کاربرد ۴۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی می توان به عملکرد مطلوب رسید (جدول ۵).

کلونی زایی میکوریزایی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف آبیاری بر درصد کلونی زائی میکوریزایی ریشه معنی دار نبود (جدول ۲). با این وجود بیشترین درصد کلونی زایی میکوریزائی ریشه از تیمار آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه صفات مورد بررسی

عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص کلونی زائی میکوریزائی ریشه (درصد)	شاخص برداشت (درصد)	پوکی بلال (درصد)	وزن بلال (gr)	تعداد دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تیمار	
								آبیاری	میکوریزا
۷۵۰۳/۹۸a	۳۱/۹۲ a	۴۳/۶۶a	۹/۳۶d	۱۲۲/۴۷a	۶۹۹/۷۷a	۴۵/۵۹ a	۱۵/۲۰a	I ₁₀₀	+M
۶۳۵۰/۳۲b	۱۶/۵۹ c	۴۲/۰۶ab	۹/۸۳d	۱۰۲/۸b	۶۰۷/۵۲b	۴۴/۲۳b	۱۴/۸۸ab	I ₁₀₀	-M
۵۷۷۴/۵۶ b c	۲۷/۶۵ a	۳۸/۶۷b	۱۰/۴۴cd	۹۵/۶۸bc	۵۹۰/۴۲b	۴۳/۳۴b	۱۴/۶۸ab	I ₇₅	+M
۵۳۱۲/۵۲c	۱۲/۵۰d	۴۳/۲۶a	۱۲/۱۱bc	۸۶/۹۹c	۵۶۳/۰۸b	۴۳/۲۳ b	۱۴/۷۳ab	I ₇₅	-M
۳۳۱۸/۶۰d	۲۷/۵۹a	۳۰/۵۳c	۱۴/۵۶a	۵۲/۴۱d	۴۳۷/۸۶c	۳۹/۸۵c	۱۴/۴۰b	I ₅₀	+M
۳۰۰۳/۹۸d	۱۲/۴۵d	۳۱/۰۷c	۱۳/۷ab	۵۰/۸۴d	۴۳۵/۹۷c	۴۰/۳۱c	۱۴/۶۲ab	I ₅₀	-M
سولفات									
آبیاری									
روی									
۶۸۲۹/۱۰a	۲۱۲۱ ab	۴۵/۱۸a	۹/۸۳c	۱۱۱/۶a	۶۱۶/۰۱abc	۴۴/۳۸ab	۱۴/۷۳ab	I ₁₀₀	0
۶۹۱۱/۵۵a	۲۲/۱۷ab	۴۳/۶۵ab	۹/۴۲c	۱۰۹/۸۴a	۶۶۱/۱۳ab	۴۵/۲۹a	۱۵/۴۰a	I ₁₀₀	25
۷۰۴۰/۸۱a	۲۴/۲۵a	۳۹/۷۴b	۹/۵۴c	۱۱۵/۵۴a	۶۸۳/۸۰a	۴۴/۷۶ab	۱۵/۰۰a	I ₁₀₀	45
۵۵۳۳/۳۰bc	۲۲/۳۱ab	۴۰/۷۹ab	۱۱/۵۸bc	۹۱/۲۸b	۵۸۶/۷۳bc	۴۳/۳۶bc	۱۴/۷۳ab	I ₇₅	0
۴۸۹۹/۲۵c	۲۱/۳۳ab	۴۰/۹۷ab	۱۱/۷۷bc	۸۲/۷۲b	۵۴۲/۲۰c	۴۲/۸۴c	۱۴/۷۶ab	I ₇₅	25
۶۱۶۷/۰۸ab	۱۸/۷۸b	۴۱/۱۵ab	۱۰/۴۸c	۱۰۰/۰۱c	۶۰۱/۳۳abc	۴۳/۶۵abc	۱۴/۶۳ab	I ₇₅	45
۳۴۷۰/۷۵d	۴۷۲۲ ab	۲۹/۶۴cd	۱۴/۷۹a	۵۳/۶۴c	۴۵۱/۱۳d	۴۱/۲۴d	۱۴/۸۰ab	I ₅₀	0
۲۹۱۵/۷۶d	۲۲/۵۸ ab	۲۸/۸۳d	۱۳/۳۳ab	۵۰/۰۹c	۴۱۵/۲۳ d	۳۹/۲۷e	14.13 b	I ₅₀	25
۳۰۹۷/۳۶d	۲۱/۶۲ ab	۳۳/۹۳c	۱۴/۳۰a	۵۱/۱۵c	۴۴۰/۴۰d	۳۹/۷۲e	14.60 ab	I ₅₀	45
سولفات									
میکوریزا									
روی									
۵۶۰۰/۵۷a	۱۳/۵۹ cd	۳۸/۱۲a	۱۲/۳۲a	۸۹/۲۵a	۵۶۳/۳۱a	۴۲/۹۷a	۱۴/۸۸a	+M	0
۵۵۸۴/۸۵a	۱۲/۲۱d	۳۷/۳۳a	۱۱/۰۶a	۹۲/۳۳a	۵۸۴/۳۱a	۴۳/۳۴a	۱۴/۸۰a	+M	25
۵۴۱۱/۷۲a	۱۵/۴۰ c	۳۷/۴۲a	۱۰/۹۸a	۸۸/۹۹a	۵۸۰/۴۴a	۴۲/۴۷ab	۱۴/۶۰a	+M	45
۴۹۵۴/۸۵ab	۲۶/۶۲ a	۳۸/۹۶a	۱۱/۸۲a	۸۱/۷۶ab	۵۴۱/۹۴ab	۴۳/۲۲a	۱۴/۶۲a	-M	0
۴۲۳۲/۸۵b	۳۰/۵۵ a	۳۸/۳۱a	۱۱/۶۴a	۶۹/۴۴b	۴۹۴/۷۳b	۴۱/۵۹b	۱۴/۷۳a	-M	25
۵۴۷۹/۱۲a	۳۰/۷۸ a	۳۹/۱۲a	۱۱/۹۵a	۸۸/۸۲a	۵۶۹/۹۱a	۴۲/۹۵a	۱۴/۸۸a	-M	45

تیمارها دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند

اثر ساده میکوریزا و اثر متقابل میکوریزا و آبیاری بر درصد کلونی زایی میکوریزائی ریشه سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). تلقیح میکوریزا صفت کلونی زایی میکوریزایی را نسبت به شاهد ۵۰/۵٪ افزایش داد (جدول ۳). نتایج این تحقیق با نتایج خانام و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. آنها گزارش نمودند که بیشترین و کمترین کلونی زایی میکوریزایی در غلات در دو محل در بنگلادش به ترتیب ۵۹/۵ و ۴۸/۷ درصد بود.

جدول ۵: مقایسه میانگین متقابل سه گانه صفات مورد بررسی

عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص کلونی زائی میکوریزائی ریشه (درصد)	شاخص برداشت (درصد)	پوکی بلال (درصد)	وزن بلال (g)	تعداد دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تیمار آبیاری	فارق میکوریزا	سولفات روی
۷۴۶۴/۹۰ab	۲۵/۵۹ c	۴۷/۶۰a	۱۰/۰۸def	۱۲۲/۷۵ab	۶۶۵/۳۳abc	۴۵/۰۶a	۱۴/۸۰abc	+M	0	
۷۸۵۹/۷۰a	۲۹/۲۹ bc	۴۴/۸۴abc	۸/۶۸f	۱۲۶/۳۳a	۷۲۱/۶۰a	۴۶/۰۶a	۱۴/۶۰a	+M	25	
۷۱۸۷/۳۶abc	۲۸/۲۹ bc	۳۸/۲۴cde	۹/۳۲ef	۱۱۸/۳۴abc	۷۱۲/۴۰ab	۴۶/۸۶a	۱۵/۲۰ab	+M	45	
۶۱۹۳/۳۰abcd	۱۷/۸۰ de	۴۲/۴۷abcd	۹/۵۸def	۱۰۰/۴۵abcd	۵۶۶/۷۰cdef	۴۰/۱۳abc	۱۴/۶۶abc	-M	0	I ₁₀₀
۵۹۶۳/۴۰bcd	۱۳/۲ ef	۴۲/۴۷abcd	۱۰/۱۶def	۹۳/۳۴cde	۶۰۰/۶۶abcde	۳۹/۷۳abc	۱۵/۲۰ab	-M	25	
۶۸۹۴/۲۶abcd	۱۹/۷۵ d	۴۱/۲۴abcd	۹/۷۶def	۱۱۲/۷۵abcd	۶۵۵/۲۰abc	۴۴/۵۳a	۱۴/۸۰abc	-M	45	
۵۷۷۴/۳۰bcde	۲۶/۱۵c	۳۵/۲۵def	۱۰/۵۲cdef	۹۵/۴۶bcde	۶۰۴/۰۶Abcde	۴۰/۴۶ab	۱۴/۹۳abc	+M	0	
۵۵۸۳/۵۳cde	۲۷/۳۰bc	۴۰/۵۴bcde	۱۰/۴۸cdef	۹۳/۷۷cde	۵۸۶/۴۰bcde	۳۹/۲۶abc	۱۴/۹۳abc	+M	25	
۵۹۶۵/۸۶bcd	۳۰/۵۵ abc	۴۰/۲۴bcde	۱۰/۳۱def	۹۷/۸۲bcde	۵۸۰/۸۰cde	۴۰/۷۳ab	۱۴/۲۰bc	+M	45	
۵۲۹۲/۳۰de	۱۱/۵۰f	۴۶/۳۳ab	۱۲/۶۴bcde	۸۷/۱۰de	۵۶۹/۴۰cdef	۳۸/۹۳abc	۱۴/۵۳abc	-M	0	I ₇₅
۴۲۱۴/۹۶ef	۱۴/۲۰ ef	۴۱/۴۰abcd	۱۳/۰۶abcd	۷۱/۶۷ef	۴۹۸/۰۰defg	۳۴/۳۳bcd	۱۴/۶۰abc	-M	25	
۶۴۳۰/۳۰abcd	۱۳/۸۵ ef	۴۲/۰۶abcd	۱۰/۶۴cdef	۱۰۲/۲۰abcd	۶۲۱/۸۶abcd	۴۱/۲۶ab	۱۵/۰۶abc	-M	45	
۳۵۶۲/۵۳f	۲۸/۳۹ bc	۳۱/۲۱fgh	۱۶/۳۴a	۴۹/۵۵fg	۴۲۰/۵۳g	۲۸/۲۰d	۱۴/۹۳abc	+M	0	
۳۳۱۱/۳۳f	۳۳/۲۲ ab	۲۶/۶۰h	۱۴/۰۴abc	۵۶/۸۸fg	۴۴۴/۹۳fg	۳۲/۲۰cd	۱۳/۸۶c	+M	25	
۳۰۸۱/۹۳f	۳۴/۴۵ a	۳۳/۸۰efg	۱۳/۳۰abcd	۵۰/۸۱fg	۴۴۸/۱۳fg	۳۱/۰۰d	۱۴/۴۰abc	+M	45	
۳۳۷۸/۹۶f	۱۵/۵۲ ef	۲۸/۰۷gh	۱۳/۲۵abcd	۵۷/۷۲fg	۴۸۹/۷۳efg	۳۳/۲۶bcd	۱۴/۶۶abc	-M	0	I ₅₀
۲۵۲۰/۲۰f	۱۱/۲۰f	۳۱/۰۷fgh	۱۲/۶۲bcde	۴۳/۳۱g	۳۸۵/۵۳g	۲۶/۸۰d	۱۴/۴۰abc	-M	25	
۳۱۱۲/۸۰f	۱۲/۹۵ ef	۳۴/۰۷efg	۱۵/۳۰ab	۵۱/۵۰fg	۴۳۲/۶۶g	۲۹/۴۰d	۱۴/۸۰abc	-M	45	

تیمارها دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند

اعمال تنش خشکی، کلونی زائی میکوریزایی را کاهش داد. با این وجود تلقیح میکوریزا صفت کلونی زایی میکوریزایی را هم در شرایط مطلوب و هم در شرایط تنش نسبت به تیمارهای مشابه و بدون تلقیح میکوریزا افزایش داد (جدول ۴). نتایج این تحقیق با نتایج علیزاده (۱۳۸۴)، سیلویا و همکاران (۱۹۹۳) و شاون و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد. اثر ساده سولفات روی، اثرات متقابل دو گانه و سه گانه تیمارهای آزمایشی بر کلونی زائی میکوریزایی معنی دار نبود (جدول ۲). با این وجود تیمارها در گروه های مختلف قرار گرفتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین ها بیشترین درصد کلونی زائی میکوریزایی ریشه از اثر سه گانه آبیاری معادل ۵۰٪ نیازآبی گیاه + تلقیح میکوریزا + ۴۵ کیلو گرم در هکتار سولفات روی حاصل شد (جدول ۵). به نظر می رسد این موضوع مربوط به نقش مثبت میکوریزا و سولفات روی در شرایط تنش رطوبتی باشد.

به طور کلی نتایج تحقیق نشان داد که با وجود بیشتر بودن عملکرد دانه در آبیاری مطلوب، به منظور استفاده 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 به نظر می رسد 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 آورد و از اثرات سوی مصرف بی رویه آنها اجتناب نمود.

منابع

- ۱- حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. ترجمه انتشارات تبریز. ۲۵۱ صفحه.
- ۲- خاکپور، ر. ۱۳۷۵. تعیین میزان آبیاری، مطالعه شاخص های رشد، عملکرد، اجزاء عملکرد و راندمان مصرف آب دو رقم ذرت زودرس در اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰۷ صفحه.
- ۳- خلدبرین، ب. و اسلام زاده، ط. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۹۵ صفحه.
- ۴- رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه ای. پایان نامه ی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات اهواز.
- ۵- رمضان زاده، ح.، شاهین، الف. و ریحانی تبار، ع. ۱۳۸۶. برخی عوامل موثر بر جذب روی در یک خاک آهکی. مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، کرج.
- ۶- سرمدنی، غ. ح. و کوچکی، ع. ۱۳۷۷. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.
- ۷- عزیززاده، الف. ۱۳۸۴. بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی و نیز مطالعه همزیستی میکوریزایی در ذرت. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.
- ۸- فرشی، ع. الف.، شریعتی، م. ر.، جاراللهی، ر.، قائمی، م. ر.، شهابی فر، م. و تولایی، م. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. ۹۰۰ صفحه.
- ۹- قهرمان، ب. و سپاس خواه، ع. ۱۳۷۱. کم آبیاری بهینه تحت شرایط مختلف مقدار اولیه ی آب در نیمرخ خاک. نهمین همایش کمیته ی ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۱۰- مجدم، م. ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی خوزستان. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.
- ۱۱- موسوی جنگلی، ب.، شریفی، م. و حسینی نژاد، ز. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر حل کننده ی فسفات و قارچ های میکوریزا در عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴). فصلنامه ی علمی دانش کشاورزی ایران. جلد ۱. شماره ۱.

12-Al-Karaki, G., Mc Michael, B. and Zak, G. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14:263-269.

13- Bray, D. E. 1997. Plant responses to water deficit. Trends plant Sic., 2:48-54.

- 14- Brown, P. H., Cakmak, I. and Zhang, Q. 1993.** Form and function of zinc in plants. PP.93-1.6. In: A. D. Robson(Ed). Zinc in Soil and Plants. Kluwar Academic Publishers. Dordecht, The Netherland.
- 15- Cakmak, I. 2000.** Possible roles of Zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Philologist*. 146, 2: 85- 200.
- 16- Cheong, Y. H., Kim, K. N., Pandey, G. K., Gupta, R., Grant, J. J. and Luan, S. 2003.** CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*. 15: 1833-1845.
- 17- 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.* 28:163-172.
- 18- Fecenko, J. and Lozek, O. 1998.** Maize grain yield formation in dependence on applied zinc doses and is can tension soil. *Rostlinna Vyroba UZP*. 44(1): 15-18.
- 19- Ghazi, A. K. and John Zak, B. M. 2003.** Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14:263-269.
- 20- Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980.** An evaluation of techniques to measure vesicular- arbuscular infection in roots *New Phytologist*.84:489-500.
- 21- Hopkins, W. G. and Huner, N. P. 2004.** Introduction to plant physiology (3 rd Ed). John Wiely & Sons. Inc.New york. 560 p.
- 22- Hugh, Earl, J. and Richard, F. D. 2003.** Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy J* 95: 688-696
- 23- Khanam, D., Mridha, M. A. U. and Solaiman, A. R. M. 2006.** Comparative study of arbuscular mycorrhizal association with different agricultural crops among four areas of Bangladesh. *Journal Agric.* 44(2):147-159.
- 24- Jakobsen, I. and Nielsen, N. E. 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.
- 25- Jose, C., Inma, F., philippe, D. and Faci, M. 2000.** Simulation of maize yield under water stress with the EPIC phase and CROPWAT modeles. *Agron. J.* 92:669- 679.
- 26- Liu, R., Li, M. and Meng X., et al . 2000 .** Effects of AM fungi on endogenous hormones in corn and cotton plants. *Mycosystem*, 19:91-96.
- 27- Marschner, H. 1993.** Zinc in soil and plant, ED. A. D. Robon. Kluwer Academic Publishers, Drodrecht the Netherlands, 55-77.
- 28- Nowood, C. A. 2000.** Water use and yield of limited irrigated and dry land corn. *Soil Sci-Soc. Amer . J.* 64: 365 – 370.
- 29-Ortus, I. and Harris, P. J. 1996.** Enhancment uptak of phosphorus by mycorrhizal sorgohum plant as in fluenced by forms of nitrogen , *Plant and Soil*. 184:225-264
- 30- Shawn, M., Parke, J. L., et al. 2000.** Variation among maize inbred lines and detection of quantitative trait for growth at low phosphorus and responsiveness to Arbuscular Mycorrhizal fungi. *Crop Sci.* Vol 40:358-364.
- 31- Siddique, K. H. M., and Whan, B. R. 1994.** Ear stem ratio in breeding population of wheat :significance for yield improvement. *EUPHYTICA*. 73:241- 254.
- 32- 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.
- 33- Sylvia, D. M., Hammond, L. C., Bennett, J. M. and Linda, S. B. 1993.** Field response of maize to a vam fungus and water management. *Agron. J.* 85:193-198.
- 34- Xiong, L., Schumaker, K. S. and Zhu, J. K. 2002.** Cell signaling during cold, drought , and salt stress. *The plant Cell*. 14: 165- 183.

