نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۵ ، آذر - دی ۱۳۸۹، ص ۷۹۱-۷۸۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 5, Nov. – Dec. 2010, p. 784-791

جذب برخی عناصر غذایی تحت تأثیر میکوریزا، سطوح مختلف روی و تنش خشکی در ذرت

نورعلی ساجدی[۱*] - محمدرضا اردکانی[۲] - عبدالله ساجدی[۳] - عبدالحسین بهرامی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۲۹

چکیده

به منظور بررسی جذب برخی عناصر غذایی تحت تأثیر سطوح مختلف روی و تنش خشکی در ذرت میکوریزایی آزمایشی در سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده ی 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. عوامل مورد مطالعه عبارت بودند از: آبیاری در سه سطح، شامل الف) آبیاری معادل نیاز آبی گیاه، ب) آبیاری معادل۷۵٪ نیاز آبی گیاه و ج) آبیاری معادل ۵۰ ٪ نیاز آبی گیاه، میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح تلقیح و بدون تلقیح بذر و روی از منبع سولفات روی در سه سطح (صفر، ۲۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج نشان داد که با اعمال تنش خشکی میزان جذب نیتروژن، پتاسیم و درصد پروتئین افزایش اما فسفر کاهش یافت. تلقیح با میکوریزا جذب عناصر غذایی را افزایش داد. با مصرف عنصر روی میزان جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر و درصد پروتئین افزایش یافت. میزان جذب عناصر غذایی و درصد پروتئین با کاربرد میکوریزا تحت تنش خشکی به طور غیر معنی داری افزایش یافت. با کاربرد روی تحت شرایط تنش خشکی، میزان جذب نیتروژن، پتاسیم و درصد پروتئین افزایش اما جذب فسفر کاهش یافت. کاربرد توام روی و میکوریزا باعث افزایش جذب کلیه عناصر غذایی گردید. بالاترین درصد جذب نیتروژن، پتاسیم و پروتئین از اثر متقابل تیمار آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه به همراه تلقیح با میکوریزا توام با ۲۵ کیلوگرم در هکتار روی حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار اثر متقابل آبیاری مطلوب، بدون میکوریزا و مصرف ۴۵ 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 ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار عملکرد مطلوب حاصل می شود.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، میکوریزا، عناصر غذایی، درصد پروتئین، ذرت

مقدمه

خشکی به عنوان مهمترین عامل محدود کننده ی غیر زنده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می شود (۱۷). تنش خشکی جزء تنش‌های عمومی می باشد که اثرات بسیار نا مطلوبی بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می گذارد (۳۱). تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد ،باعث بروز یا تشدید سایر تنش ها مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه می شود. تنش خشکی باعث اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی می شود که علاوه بر تلفات کود ،باعث کاهش عملکرد دانه و علوفه می گردد (۳). اثر تنش خشکی بر روند جذب و تجمع عناصر غذایی در دوره های مختلف رشدی متفاوت بوده و با افزایش نیاز گیاه در هر مرحله از رشد به عنصر غذایی، اثر تنش خشکی نیز در آن دوره بیشتر خواهد بود (۲۷و۳۱). بیگلویی و همکاران (۲) گزارش نمودند که افزایش تنش خشکی در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ باعث افزایش درصد پروتئین شد، آنها همچنین بیان کردند که پروتئین دانه در تیمارهای آبیاری پس از۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب ۵/۸، ۷/۲و ۷/۴ درصد بود (۲).

تحقیقات متعدد حاکی از آن است که میکوریزا قادر است اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نماید (۱۴). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه های گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است که این امر در اثر افزایش سطح موثر ریشه و یا کل طول ریشه ای میکوریزایی می باشد. همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه میکوریزایی می‌تواند ۲ تا ۳ برابر افزایش یابد (۲۹). میکوریزا روابط آبی گیاه میزبان را از طریق افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه ای بوسیله ی تغییر در تعادل هورمون های گیاهی بهبود می بخشد (۲۱). همزیستی میکوریزا تحت شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید تعدادی از گیاهان زراعی می شود.

۱، ۳و۴- به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد و کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
(*-نویسنده مسئول: Email:n-sajedi @iau-arak.ac.ir)
۲- استاد مرکز تحقیقات کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

بهبود تولید در گیاهان میکوریزایی را به جذب بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس نسبت می دهند (۱۸). وامرالی و همکاران (۳۰) گزارش نمودند که افزایش ماده ی خشک اندام های هوایی و زیرزمینی ذرت تلقیح شده با میکوریزا در مقایسه با شاهد، ناشی از افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز،می باشد (۳۰). از مهمترین عناصری که توسط میکوریزا بطور فعال و در سطح وسیع جذب می شود، عنصر فسفر است، بهبود تغذیه فسفر در گیاهان میکوریزایی تحت تنش گزارش شده است (۲۱). نتایج بعضی تحقیقات نشان داده است که سرعت جریان فسفر به درون گیاه میکوریزایی ۳ الی ۶ مرتبه بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است (۱۵). تحقیقات نشان داده است که گیاهان میکوریزایی، جذب نیتروژن را مانند فسفر افزایش داده اند، این افزایش جذب در گیاهان میکوریزایی حتی در شرایطی که فسفر خاک زیاد باشد، نیز دیده شده است (۲۳). در مورد عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم در بعضی از خاک ها و در پاره ای از گیاهان و همزیستی گونه های خاصی از میکوریزا افزایش جذب وجود دارد اما در پاره ای دیگر از موارد عکس العمل دقیقی وجود ندارد (۱۴). سونگ (۲۸) گزارش کرد که بهبود ریزوسفر خاک در شرایط تنش، توسعه سیستم ریشه ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی، افزایش سیستم دفاعی گیاه میزبان و کاهش خطرات اکسیداسیون را می توان ناشی از اثرات میکوریزا دانست.

بررسی محققان نشان داده است که کمبود مواد آلی و وجود واکنش قلیایی در خاک های آهکی کمبود عناصر کم مصرف را در این خاک ها سبب می شود (۱۳). روی به عنوان یکی از عناصر ریز مغذی برای بسیاری از موجودات زنده محسوب می شود، حدود ۲۰۰ آنزیم و عوامل رونویسی به روی به عنوان یکی از اجزاء اساسی نیاز دارند، روی نقش مهمی در سنتز پروتئین و کربوهیدرات ها بازی می کند، همچنین روی بر رشد ساقه و ریشه تأثیر می گذارد (۲۴). آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز موجود در کلروپلاست که مس و روی در ساختمان آن بکار رفته است، در بر طرف کردن رادیکال های آزاد اکسیژن تولید شده در اثر تنش خشکی نقش مهمی را ایفا می کند (۴). نقش روی در حفظ سلامت غشاها و مقاومت گیاهچه ها به بیماری های خاکزی مورد تائید قرار گرفته است. 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. علت این امر کاهش مقدار ایندول استیک اسید ذکر شده است (۱۶). مارشنر (۲۵) گزارش کرد که در اثر مصرف آهن و روی در ذرت مقدار کل کربوهیدرات (نشاسته) و پروتئین دانه زیاد شد و در پی آن وزن دانه، تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت. فسنکو و لوزک (۲۰) اثر منابع روی بر عملکرد، مقدار پروتئین و جذب عناصر پرمصرف در ذرت دانه ای را مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که مقدار متوسط پروتئین دانه در نتیجه سه سال کود دهی به طور معنی داری افزایش یافت. طهماسبی و همکاران (۹) گزارش کردند که با افزایش مقادیر روی، مقدار جذب ازت توسط گیاه کاهش ولی جذب پتاسیم افزایش یافت. آنها همچنین نتیجه گرفتند که متعادل ترین حالت بین جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم با مصرف ۲۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و در خاک های شور دیده شد. ضیائیان (۸) گزارش نمود که کاربرد روی در ذرت تأثیر معنی دار بر میزان پروتئین نداشت. ایردال و همکاران (۱۹) گزارش نمودند که کاربرد روی موجب کاهش غلظت فسفر و اسیدفیتیک در دانه گندم می شود. عزیززاده فیروزی و همکاران (۱۰) گزارش کردند که کاربرد روی موجب افزایش پروتئین دانه گندم به مقدار ۱۹/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. با توجه به اینکه کشور ما جز مناطق خشک و نیمه خشک جهان می باشد، به نظر می رسد با استفاده بهینه از منابع آبی و تقویت مکانیسم های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان زراعی، بتوان بر روی تولید پایدار محصولات زراعی گام برداشت. هدف ازانجام این آزمایش بررسی تأثیر میکوریزا و سطوح مختلف روی تحت تنش خشکی بر درصد جذب عناصر غذایی، درصد پروتئین و عملکرد دانه در ذرت انجام گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق 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. فاکتورهای مورد مطالعه شامل رژیم رطوبتی در سه سطح I_3= ۵۰، I_2= ۷۵ و I_1= ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه که از مرحله چهار برگی بعد از تنک مزرعه تا پایان رشد اعمال گردید. آبیاری در تیمار بدون تنش خشکی معادل نیاز آبی گیاه انجام شد. تعیین نیاز آبی بر اساس داده های تشتک تبخیر کلاسA هر هفت روز یک بار صورت گرفت. تبخیر روزانه از تشتک (V) اندازه گیری شد با توجه به مساحت تشتک تبخیر(S) از رابطه V= S × H میزان آب تبخیر شده (H) محاسبه شد. همچنین از حاصلضرب ضریب تشتک و آب تبخیر شده، تبخیر و تعرق پتانسیل بدست آمد. سپس از رابطه (۱) میزان آب ورودی به کرت محاسبه شد (۵).

رابطه (۱)

ضریب گیاهی × کارایی آب مزرعه × مساحت کرت = حجم آب تبخیر و تعرق پتانسیل ×

ضریب محصول ذرت از ۰/۳۶ تا ۰/۵۸ در اوائل رشد، ۰/۷۱ تا ۱/۱۳ در اواسط رشد و از ۰/۹۸ تا ۰/۶۵ در مرحله برداشت متفاوت است (۷). کارایی آبیاری۸۰ درصد در نظر گرفته شد. آبیاری کرت ها با استفاده از سیفون و با توجه به ارتفاع سطح آب در جوی اصلی و در

کرت تعیین شد.

برای محاسبه دبی سیفون ها از رابطه (۲) استفاده شد (۵).

رابطه (۲) $Q=C\times A/1000\sqrt{2gh}$

در رابطه ۲ پارامتر ها عبارتند از: Q: دبی ورودی به هر کرت C: دهانه ورودی سیفون A: مساحت سیفون h: اختلاف ارتفاع سطح آب کرت و جوی اصلی g: شتاب ثقل برابربا ۹/۸ متر بر مجذور ثانیه.

با تقسیم میزان آب ورودی بر دبی محاسبه شده برای سیفون ها، زمان آبیاری مطلوب بدست آمد.

عنصر روی از منبع سولفات روی در سه سطح صفر، ۲۵ و ۴۵ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت به صورت مصرف خاک مورد استفاده قرار گرفت. میکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح تلقیح و بدون تلقیح با جمعیت ۲۵۰ تا ۳۰۰ اسپور فعال برای هر بذر، که درهنگام کاشت با بذر تلقیح گردید. هر کرت آزمایشی شامل پنج ردیف به فاصله ۶۰ سانتی متر و طول ۸ متر بود. فاصله هر دو بوته در روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد و بین دو کرت دو ردیف به صورت نکاشت باقی ماند. کاشت در اواخر اردیبهشت ماه هر سال با دست انجام گرفت. یک سوم کود نیتروژن از منبع اوره و تمام کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک (جدول ۱). در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژن طی دو مرحله به صورت سرک در فصل رشد مورد استفاده قرار گرفت.

برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه ها ،که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص می شد، صورت گرفت. در برداشت نهایی۱۰ بوته از نیمه هر کرت از سطح خاک بریده شد و بلال های هر بوته جدا و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و دانه ها از بلال جدا شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت دانه ها در آون در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد خشک وسپس آسیاب شدند. برای اندازه‌گیری نیتروژن دانه، ۰/۳ گرم از نمونه با استفاده از اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه هضم و سپس با دستگاه کجلدال مقدار آن مشخص گردید (۱). برای سایر عناصر ۱ گرم از نمونه ها در کوره الکتریکی در درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ ساعت قرار گرفتند تا خاکستر شوند سپس با اسید کلریدریک ۲ نرمال هضم گردیدند. مقادیر پتاسیم و فسفر موجود در نمونه ها به ترتیب با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر (فاتر الکتریک مدل ۴۰۵ – ساخت ایران) و با اسپکترو فتومتر طول موج ۸۸۰ نانومتر (ERMAPHOTIC– 100– ساخت ژاپن) به روش کالریمتری اندازه‌گیری شدند (۱).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه ی واریانس نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر میزان جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه ی میانگین های سطوح آبیاری نشان داد که بیشترین میزان جذب نیتروژن با اعمال آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز گیاه حاصل شد (جدول ۳). به نظر می رسد که در تیمار شاهد، نیتروژن به کار برده شده در معرض آبشویی قرار گرفته و از دسترس ریشه خارج و میزان جذب کاهش یافته است اما با کاهش مقدار آب مورد نیاز گیاه، نیتروژن با کارایی بیشتری جذب شده است. با اعمال تنش خشکی جذب فسفر کاهش یافت. به نظر می رسد به علت تحرک کم عنصر فسفر، در شرایط تنش خشکی میزان جذب آن به شدت کاهش می یابد. بروز تنش خشکی باعث افزایش جذب پتاسیم گردید. نتایج این تحقیق با نتایج ابدموز (۱۱) و علیزاده (۶) مطابقت دارد. آنها علت این امر را مکانیسم جذب فعال این یون دانسته اند. در هنگام تنش خشکی گیاه با مصرف انرژی، غلظت شیره سلولی را در سلول های ریشه و اندام های هوایی خود را بر خلاف پدیده ی انتشار بالا برده و به این طریق مقاومت به خشکی افزایش می یابد. افزایش جذب پتاسیم باعث تأثیر مثبت در فتوسنتز، افزایش رشد، افزایش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی، افزایش بیشتر پروتئین، تنظیم باز و بسته شدن روزنه، کاهش تعرق و افزایش جذب آب بوسیله ی گیاه می گردد. نتایج تجزیه ی مرکب نشان داد که اثر میکوریزا بر میزان جذب نیتروژن و فسفر، در سطح احتمال ۱٪ معنی دار ولی بر میزان جذب پتاسیم، غیر معنی داری بود (جدول ۲). آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (I_3= ۵۰)، عملکرد دانه را به اندازه ۳۸/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. کاهش عملکرد می تواند به دلیل محدودیت تشکیل مخزن (دانه) در مرحله رویشی و یا به دلیل کاهش دوره پر شدن دانه در مرحله ی زایشی که خود منجر به تشکیل دانه کوچک و چروکیده می شود (۲۶).

همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می شود، کاربرد میکوریزا، میزان جذب نیتروژن و فسفر، را به ترتیب ۱۰/۳ و ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج این تحقیق با نتایج سونگ (۲۸) و همل و اسمیت (۲۳) همخوانی دارد.

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

سال	عمق نمونه (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	کربن الی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر کل	پتاسیم کل	روی (mg/kg)	آهن (mg/kg)	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)
۱۳۸۵	۳۰-۰	۲۹	۳۵	۳۶	۰/۸۳	۷/۹	۰/۸	۰/۰۸	۴/۲	۱۷۸	۰/۵۲	۳/۸	۹/۱۲	۱/۱۲
	۶۰-۳۰	۲۷	۲۹	۴۴	۱/۰۷	۷/۹	۰/۵۱	۰/۰۴	۳/۵	۱۴۵	۰/۳۱	۳/۰	۶/۲	۰/۷۹
۱۳۸۶	۳۰-۰	۲۹	۳۵	۳۶	۱/۲۰	۷/۵	۰/۸۲	۰/۰۸	۵	۱۵۰	۰/۸	۴/۶	۱۰/۶	۱/۱۴
	۶۰-۳۰	۲۷	۲۹	۴۴	۱/۷۰	۷/۴	۰/۶۱	۰/۰۶	۳/۶	۱۲۰	۰/۴	۴	۶/۶	۰/۸۸

نتایج تجزیه مرکب داده ها نشان داد که اثر میکوریزا بر عملکرد معنی داری نبود (جدول ۲)، با این وجود با کاربرد میکوریزا مقدار عملکرد افزایش یافت. با مصرف روی میزان جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر و درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج عزیززاده فیروزی و همکاران (۱۰) و ایردال و همکاران (۱۹) در مورد فسفر در گندم مطابقت و ضیائیان (۸) در مورد درصد پروتئین در ذرت مغایرت دارد. به نظر می رسد با مصرف روی، توانایی گیاه برای تنظیم مقدار نیتروژن و پتاسیم، افزایش یافته به نحوی که این عناصر به مقدار متعادل از طریق ریشه جذب و به قسمت های هوایی منتقل شده است. اثر سولفات روی بر عملکرد دانه معنی دار نبود (جدول۳)، با این وجود مصرف ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار عملکرد دانه را به میزان۷/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. افزایش عملکرد دانه در ذرت در نتیجه کاربرد عناصر کم مصرف و به ویژه روی توسط برخی از محققین به تائید رسیده است (۲۵) علت افزایش عملکرد دانه به بهبود گرده افشانی و تلقیح، عدم پوکی بلال و تعدیل در جذب عناصر غذایی نسبت داده شده است.

اثر متقابل سطوح آبیاری و میکوریزا، بر جذب عناصر معنی دار نبود (جدول ۲). کاربرد میکوریزا در شرایط تنش آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (I_3=۵۰)، میزان جذب نیتروژن، پتاسیم و پروتئین را به ترتیب ۲۱/۶ ، ۱۳/۴ و ۲۲/۳ ٪ نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). بیشترین میزان جذب فسفر (۰/۴۱۷ درصد) با مصرف میکوریزا در شرایط مطلوب رطوبتی (I_1= ۱۰۰)و کمترین میزان جذب فسفر (۰/۲۹۴) با اعمال تنش ملایم (I_2= ۷۵) و بدون میکوریزا حاصل شد. نتایج این تحقیق با نتایج اوگی (۱۳) مطابقت دارد. اثر متقابل سطوح آبیاری و میکوریزا بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در اثر متقابل شرایط مطلوب رطوبتی و عدم تلقیح میکوریزا حاصل شد که با تیمار تلقیح میکوریزا در همان شرایط اختلاف معنی دار نشان نداد. با این وجود در شرایط آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه کاربرد میکوریزا عملکرد را نسبت به آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی به طور معنی داری افزایش داد. به نظر می رسد که میکوریزا در شرایط تنش ملایم می تواند اثرات تنش را تاحدودی تعدیل نماید.

برطبق جدول ۴، سطوح آبیاری معادل۵۰ و۷۵ درصد به همراه مصرف روی باعث افزایش جذب پتاسیم و پروتئین دانه شد. بیشترین درصد پتاسیم معادل ۰/۹۲۲ و درصد پروتئین دانه معادل ۱۰/۱۰ از اثر متقابل آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد. در این تیمار مقدار پتاسیم و پروتئین دانه به ترتیب ۲۰/۳٪ و ۱۷٪ نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج ابدموز (۱۱) و گونزالس (۲۲) مطابقت دارد. آنها علت جذب بیشتر پتاسیم را، مکانیسم جذب فعال این یون و رهاسازی یون پتاسیم از بین لایه های رس و افزایش غلظت یون پتاسیم و در نتیجه افزایش جذب پتاسیم می دانند. به نظر می رسد که با اعمال تنش خشکی و کوتاه شدن دوره ی رشد زایشی، فرصت کمتری برای ذخیره ی نشاسته وجود دارد و در نتیجه درصد پروتئین دانه افزایش می یابد. ضمن اینکه به عقیده ی خلدبرین و اسلام زاده (۴)، روی از طریق شرکت در ساختمان RNA پلی مراز باعث افزایش اسیدهای آمینه و افزایش سنتز پروتئین ها در نتیجه باعث افزایش درصد پروتئین می گردد. میزان جذب فسفر با اعمال تنش خشکی و مصرف روی کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می رسد به علت تحرک کم فسفر در خاک در شرایط تنش و از طرفی نقش تنظیم کنندگی فسفر توسط روی، مقدار جذب آن کاهش یافته است. اثر متقابل تنش خشکی و روی بر عملکرد دانه معنی دار نشد (جدول ۲).

بر طبق جدول ۴ با کاربرد توأم میکوریزا و روی، مقدار فسفر دانه افزایش یافت. بیشترین میزان جذب فسفر از تیمار کاربرد میکوریزا و عدم مصرف روی حاصل شد. که دلیل آن می تواند افزایش سطح جذب ریشه به دلیل توسعه میسیلیوم های خارجی میکوریزا در خاک یا احتمال افزایش جذب فسفر بوسیله ی هیف های گیاهان میکوریزی به دلیل افزایش جذب فسفر در واحد طول ریشه یا اثر مسالمت آمیز و افزایشی بین میسیلیوم های خارجی میکوریزا و باکتری های حل کننده ی فسفات که در این حالت فسفر معدنی غیر قابل جذب را به فسفر معدنی قابل جذب تبدیل می کنند باشد. کاربرد میکوریزا و ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار پروتئین دانه را نسبت به شاهد (بدون کاربرد میکوریزا و بدون سولفات روی) ۱۷/۴٪ افزایش داد.

با کاربرد میکوریزا و افـزایش مقـدار روی از ۲۵ کیلـوگرم بـه ۴۵ کیلـوگرم در هکتـار، عملکـرد دانـه افـزایش یافـت (جـدول ۴)، احتمالا"دلیل آن را می توان در بر قراری تعادل جذب عناصر غذایی و حفظ غشاهای سلولی و تداوم در فرایند فتوسنتزو ماده سـازی توسـط عنصر روی ذکر نمود . نتایج حاصل از این تحقیق بـا نتـایج برخـی از محققان هم راستا می باشد (۱۶و۳۰). اثر متقابل سه گانه ی تیمارهای آزمایشی بر میزان جذب فسفر، پتاسیم و عملکرد دانـه معنـی دار شـد ولی بر میزان جذب نیتروژن و درصد پروتئین معنـی دار نبـود (جـدول ۲). مقدار جذب فسفر در شرایط مطلوب رطوبتی با کاربرد میکـوریزا و روی افزایش یافت ولی با کاربرد میکوریزا در شـرایط تـنش خشـکی (۷۵ I_2=) و مصرف روی، میـزان جـذب فسـفر از ۰/۴۰۵ بـه ۰/۲۶۵ درصد کاهش یافت (جدول ۵). بـا کـاربرد میکـوریزا و سـولفات روی، میزان جذب پتاسیم در شرایط آبیـاری کامـل (از ۰/۷۳۸ بـه ۰/۸۴۵ و ۰/۸۴۲ درصد) و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیـاه (از ۰/۸۷۰ بـه ۰/۹۷۸ و ۰/۹۱۷ درصد) افزایش یافت. بیشترین میزان جـذب پتاسـیم از اثر متقابل آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه، کـاربرد میکـوریزا و ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد که با تیمـار عـدم کـاربرد میکوریزا و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم مصرف روی در یـک گـروه آماری قرار گرفتند. ولی بواسطه نقش فیزیولوژیکی روی در فرایندهای متابولیکی گیاه و همچنـین نقـش روی و میکـوریزا در تعـدیل اثـرات تنش خشکی استفاده از آنها قابل توجیه است. رونـد مشـابهی نیـز در درصد پروتئین مشاهده می شود. بیشترین مقـدار نیتـروژن ، و درصـد پروتئین نیز از تیمار آبیاری معادل۵۰ درصـد نیـاز آبـی گیـاه تـوأم بـا میکوریزا و با مصرف روی حاصل شد (جدول۵).

بیشترین مقدار عملکرد در اثر متقابل آبیاری مطلوب ،عدم کـاربرد میکوریزا و مصرف ۴۵ کیلوگرم سـولفات روی در هکتـار حاصـل شـد (جدول۵). نکته حائز اهمیت اینکه در شـرایط تـنش ملایـم خشـکی (آبیاری معادل ۷۵٪ نیاز آبـی گیـاه) بـا کـاربرد میکـوریزا نسـبت بـه تیمارهای مشابه و بدون میکوریزا عملکرد افزایش نشان داد. بـه نظـر می رسد که در شرایط تنش ملایم خشکی میکوریزا با تأثیر مثبت بـر توسعه سیستم ریشه زمینه انتقال بیشتر آب و مـواد غـذایی را فـراهم می کند (۸). نتایج نشان داد که علی رغم بیشتر بودن عملکـرد دانـه در آبیاری مطلوب، بـه دلیـل حرکـت در راسـتای کشـاورزی پایـدار و استفاده ی بهینه و مطلوب از منابع آب و عناصر غذایی، مـی تـوان بـا آبیـاری معـادل ۷۵٪ نیـاز آبـی گیـاه و کـاربرد کودهـای بیولوژیـک (میکوریزا) و ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به نتایج قابل قبـولی (۷۳۴۳/۹۳ کیلوگرم در هکتار) دسـت یافـت از طرفـی بـه واسـطه ی کاربرد کودهای بیولوژیکی و اثرات مثبت آنها بر گیاه زراعی، می توان از آلودگی های زیست محیطی جلوگیری نمود.

جدول ۲- تجزیه مرکب واریانس صفات اندازه گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن	پتاسیم	پروتئین	عملکرد دانه
سال	۱	۲۰/۸ ns	۰/۴۲ ns	۹۴۹/۹۲ ns	۷۴۸۰۴۲۹۴/۷۱ **
تکرار× سال	۴	۲۳/۹۶	۷/۳۹	۱۰۲۶/۸۴	۵۴۱۳۲۰/۶۱
آبیاری	۲	۳۱/۲۲ **	۱۷/۸۸ **	۱۱۴۳/۴۹ **	۷۳۴۰۹۱۳۰/۳۷**
آبیاری × سال	۲	۰/۱۶۴ns	۰/۰۲۷ ns	۰/۰۱۶ ns	۸۳۸۸۹۲۷/۷۳ **
میکوریزا	۱	۵۹/۸۵**	۰/۸۵۳ ns	۲۴۳۲/۰**	۴۴۴۰۹۷/۱۴ns
سال × میکوریزا	۱	۰/۰۱۸ ns	۰/۰۲۴ ns	۳/۲۳ns	۷۱۶۶۳۸۰/۱۹ **
آبیاری × میکوریزا	۲	۲/۱۸ ns	۰/۲۱۸ ns	۹۳/۲۹ ns	۳۳۲۱۹۷۳/۹۱*
سال × آبیاری × میکوریزا	۲	۰/۱۳۵ ns	۰/۰۱۶ ns	۰/۰۰۱ ns	۳۶۱۷۹۳۳/۲۷*
روی	۲	۸/۸۷ *	۱/۷۶ **	۳۷۲/۴۱ *	۲۰۶۲۹۱۱/۴۷ns
سال × روی	۲	۱/۸ ns	۰/۰۰۶ ns	۱۰۰/۷۳ns	۴۹۳۲۸/۹۷ns
آبیاری × روی	۴	۲/۰۱ ns	۱/۶۱ **	۷۱/۹۴ns	۱۱۲۷۶۵۸/۱۳ns
آبیاری × روی× سال	۴	۱/۰۲ ns	۰/۰۹ns	۶۵/۱۳ns	۳۸۱۳۴۰۵/۴۷**
میکوریزا × روی	۲	۳/۱۱ ns	۰/۴۴۵ns	۱۱۳/۹۵ ns	۱۸۱۰۷۳۳/۷۲ns
میکوریزا × روی× سال	۲	۰/۰۶۳ ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۷ns	۸۷۰۸۴۰/۰۲ns
آبیاری × میکوریزا × روی	۴	۲/۴۶ns	۱/۸۱ **	۶۷/۳۴ ns	۴۵۳۲۰۵۷/۵۹ **
آبیاری × میکوریزا ×روی× سال	۴	۰/۴۰۴ns	۰/۱۲۶ ns	۱۸/۵۲ ns	۲۸۷۷۶۰۶/۵۱ **
اشتباه	۶۸	۲/۰۵	۰/۳۴۲	۷۷/۳۸	۹۴۲۳۶۰/۷۳
ضریب تغییرات		۱۰/۲۷	۷/۰۴	۱۰/۱۲	۱۶/۰۶

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

جدول ۳ –ا ثر تیمار های آزمایشی بر صفات اندازه گیری شده

تیمار	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	پروتئین (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری					
۱۰۰درصد نیاز آبی	۱/۳۲ b	۰/۳۹۶ a	۰/۸۰۱ b	۸/۲۸ b	۷۲۸۱/۵۵ a
۷۵درصد نیاز آبی	۱/۳۴ b	۰/۳۰۷ b	۰/۷۷۹ b	۸/۴۰ b	۶۳۶۶/۱۶ b
۵۰ درصد نیاز آبی	۱/۴۹ a	۰/۳۱۶ b	۰۰/۹۱۶ a	۹/۳۴ a	۴۴۸۱/۰۰ c
میکوریزا					
عدم تلقیح	۱/۳۱ b	۰/۳۲۴ 4 b	۰/۸۲۳ a	۸/۱۹ b	۶۱۰۷/۰۳ a
تلقیح	۱/۴۶ a	۰/۳۵۶ a	۰/۸۴۱ a	۹/۱۶ a	۵۹۷۸/۷۸ a
روی					
صفر	۱/۳۶ b	۰/۳۴۴ a	۰/۸۰۷ b	۸/۵۴b	۵۷۷۶/۱۲ a
۲۵	۱/۴۷ a	۰/۳۲۸ a	۰/۸۳۹ a	۹/۲۲ a	۶۱۱۳/۶۶ a
۴۵	۱/۳۱ b	۰/۳۴۶ a	۰/۸۴۹ a	۸/۲۸b	۶۲۳۸/۹۳a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

جدول ٤ – اثرات متقابل آبیاری و میکوریزا، آبیاری و روی و میکوریزا و روی بر صفات اندازه گیری شده

تیمار		نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	پروتئین (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری	میکوریزا					
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	۱/۲۳ c	۰/۳۷۴ b	۰/۷۹۸ bc	۷/۶۵ c	۷۵۰۷/۲۴ a
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۱/۴۱ b	۰/۴۱۷ a	۰/۸۰۵ b	۸/ ۹۲d	۷۰۵۵/۸۶ ab
۷۵درصد نیاز آبی	تلقیح	۱/۲۹ c	۰/۲۹۴ c	۰/۷۶۱ c	۸/ ۱۲c	۶۰۷۹/۸۸ c
۷۵درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۱/۳۹b	۰/۳۲۱ c	۰/۷۹۷ bc	۸/۷۱ b	۶۶۵۲/۴۵ bc
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	۱/۴۱ b	۰/۳۰۳ c	۰/۹۱۰ a	۸/ ۸۲b	۴۷۳۳/۹۷ d
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۱/۵۷ a	۰/۳۲۹ c	۰/۹۲۲ a	۹/۸۵ a	۴۲۲۸/۰۳ d
آبیاری	روی					
۱۰۰درصد نیاز آبی	صفر	۱/۳۲ cd	۰/۳۸۰ a	۰/۷۳۵ d	۸/۳۳ cd	۶۹۶۵/۰۹ a-d
۱۰۰درصد نیاز آبی	۲۵	۱/۳۴ cd	۰/۲۹۳ a	۰/۸۰۲ c	۸/ ۳۴cd	۷۳۰۶/۹۰ ab
۱۰۰درصد نیاز آبی	۴۵	۱/۳۰ cd	۰/۴۱۴ a	۰/۸۶۷ b	۸/۱۷ cd	۷۵۷۲/۶۷ a
۷۵درصد نیاز آبی	صفر	۱/۲۹ cd	۰/۳۳۴ b	۰/۷۶۷cd	۸/ ۱۲cd	۵۹۵۷/۳۲ c
۷۵درصد نیاز آبی	۲۵	۱/۴۶ b	۰/۲۹۹ b	۰/۷۹۵c	۹/ ۲۳b	۶۵۱۷/۶۰ bc
۷۵درصد نیاز آبی	۴۵	۱/۲۶ d	۰/۲۸۸ b	۰/۷۷۵cd	۷/ ۹۱d	۶۶۲۳/۵۸ bc
۵۰ درصد نیاز آبی	صفر	۱/۴۶ b	۰/۳۱۹ b	۰/۹۲۰ a	۹/۱۶ b	۴۱۵۰/۷۱ d
۵۰ درصد نیاز آبی	۲۵	۱/۶ a	۰/۲۹۳ b	۰/۹۲۲a	۱۰/۱۰a	۴۴۰۵/۹۶ d
۵۰ درصد نیاز آبی	۴۵	۱/۴۱ bc	۰/۳۳۵ b	۰/۹۰۶ab	۸/۷۵ bc	۴۸۸۶/۳۳ d
میکوریزا	روی					
عدم تلقیح	صفر	۱/۳۱ cd	۰/۳۱۴ b	۰/۸۰۴ d	۸/۱۹ cd	۶۱۰۱/۷۸ ab
عدم تلقیح	۲۵	۱/۳۶ bc	۰/۳۱۱ b	۰/۸۱۳ bcd	۸/ ۵۲bc	۶۰۹۲/۶۵ ab
عدم تلقیح	۴۵	۱/۲۶ d	۰/۳۴۵ ab	۰/۸۵۱ ab	۷/۸۸ d	۶۱۲۶/۶۶ ab
تلقیح	صفر	۱/۴۱ b	۰/۳۷۴ a	۰/۸۱۰ cd	۸/۸۹ b	۶۱۲۵/۵۳ ab
تلقیح	۲۵	۱/۵۸ a	۰/۳۴۶ ab	۰/۸۶۶ a	۹/۹۲ a	۵۴۵۹/۶۰ b
تلقیح	۴۵	۱/۳۸ bc	۰/۳۴۷ ab	۰/۸۴۸ abc	۸/۶۸ bc	۶۳۵۱/۲۱ a

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند

همچنین با کاربرد متعادل عناصر غذایی و کودهای بیولوژیک می توان زمینه مناسب جذب عناصر غذایی را در گیاه ایجاد و از طرفی هزینه های مربوط به خرید و مصرف بی رویه کودهای شیمیایی را کاهش داد.

به طور کلی با توجه به نتایج حاصله تنش خشکی جذب عناصر غذایی را کاهش می دهد اما استفاده از میکوریزا و سولفات روی به تنهایی قادر است اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل کنند. میکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می کند. همچنین از طریق بهبود روابط آبی گیاه، باعث افزایش فشار تورگر می شود. در نتیجه در شرایط کم آبی با مدیریت صحیح منابع آب و کاربرد کودهای بیولوژیک و ریز مغذی ها علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی زمینه مناسب برای افزایش مقاومت به خشکی در گیاه فراهم می شود. از طرفی می توان ضمن غنی سازی محصولات زراعی گامی مؤثر در راستای کشاورزی پایدار برداشت نمود.

جدول ۵ – اثرات متقابل آبیاری، میکوریزا و روی بر صفات اندازه گیری شده

تیمارها			نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	پروتئین (درصد)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)
آبیاری	میکوریز	روی					
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	صفر	۱/۲۷ fg	۰/۳۴۵ b-e	۰ /۷۳۲ij	۸/۰۲ h-e	۷۵۲۰/۴۶ abc
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۲۵	۱/۱۸ g	۰/۳۷۳ a-d	۰/۷۵۸ hij	۷/۲۳ h	۷۵۱۷/۹۵abc
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۴۵	۱/۲۳ fg	۰/۴۰۳ abc	۰/۹۰۳ bc	۷/۷۱ fgh	۸۱۰۶/۳۱ a
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	صفر	۱/۳۷ c-f	۰/۴۱۵ ab	۰/۷۳۸ ij	۸/۶۴ c-f	۷۰۳۹/۰۳ a–d
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	۲۵	۱/۵ bcd	۰/۴۱۲ ab	۰/۸۴۵ c-g	۹/۴۶ bcd	۶۴۱۲/۲۳ b–e
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	۴۵	۱/۳۷ c-f	۰/۴۲۵ a	۰/۸۴۲ d-g	۸/۶۴ c-f	۷۷۱۶/۳۳ ab
۷۵درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	صفر	۱/۳۰efg	۰/۲۶۳ fg	۰/۷۱۲ j	۸/۱۳ e-h	۵۸۹۷/۶۳ de
۷۵درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۲۵	۱/۳۸ c-f	۰/۳۰۷ d-g	۰/۸۱۵ e-h	۸/۷۵ c-f	۶۴۳۸/۷۸ b-e
۷۵درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۴۵	۱/۱۸ g	۰/۳۱۲ d-g	۰/۷۵۵ hij	۷/۴۹ gh	۵۹۰۳/۲۳ de
۷۵درصد نیاز آبی	تلقیح	صفر	۱/۲۸ efg	۰/۴۰۵ abc	۰/۸۲۲ e-h	۸/۱۳ e-h	۷۱۳۷/۵۶ a-d
۷۵درصد نیاز آبی	تلقیح	۲۵	۱/۵۵ab	۰/۲۹۲ efg	۰/۷۷۵ g-j	۹/۶۸ abc	۵۴۷۵/۸۶ efg
۷۵درصد نیاز آبی	تلقیح	۴۵	۱/۳۳ d-g	۰/۲۶۵ fg	۰/۷۹۵ f-i	۸/۳۲ efg	۷۳۴۳/۹۳ abc
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	صفر	۱/۳۵ c-g	۰/۳۳۵ c-f	۰/۹۷۰ a	۸/۴۳ d-g	۴۳۰۱/۴۱ gh
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۲۵	۱/۵۱ bc	۰/۲۵۳ g	۰/۸۶۵ b-f	۹/۵۸ bc	۴۳۲۱/۲۱ gh
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۴۵	۱/۳۵c-g	۰/۳۲۰ d-g	۰/۸۹۵ bcd	۸/۴۳ d-g	۵۵۷۹/۳۰ ef
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	صفر	۱/۵۶ ab	۰/۳۰۳ d-g	۰/۸۷۰ b-e	۹/۸۸ ab	۴۰۰۰/۰۱ h
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	۲۵	۱/۶۸ a	۰/۳۳۳ c-f	۰/۹۷۸ a	۱۰/۶۲ a	۴۴۹۰/۷۱ fgh
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	۴۵	۱/۴۵ b-e	۰/۳۵۰ b-e	۰/۹۱۷ ab	۹/۰۶ b-e	۴۱۹۳/۳۶ h

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

منابع

۱- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش های تجزیه گیاه. جلد اول. موسسه تحقیقات آب و خاک نشریه شماره ۹۸۲.

۲- بیگلویی، م. ح.، ع. کافی قاسمی و م. جواهر دشتی. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش کم آبی برخصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی و مقایسه آن با شرایط دیم رشت. خلاصه مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، ۳۰-۲۸ مرداد ۱۳۸۷. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۳- چوگان، ر. ۱۳۸۳. اصلاح ذرت برای تحمل به تنش خشکی و نیتروژن. تالیف. بنزیگر. م.، ج. امادمیدز، دبک رمم، بلون. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. ۹۵ صفحه.

۴- خلدبرین، ب. و ط. اسلام زاده. ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۹۵ صفحه.

۵- علیزاده، الف. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم های آبیاری. (تالیف کونکا، آر. اچ.). انتشارات آستان قدس رضوی . ۵۳۹ صفحه
۶- علیزاده، ا. 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 مزیستی میکوریزایی در ذرت. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.
۷- فرشی، ع. الف.، م. ر. شریعتی، ر. جارالهی، م. ر. قائمی، م .شهابی فر، م. م. تولایی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول. نشر آموزش کشاورزی.
۸- ضیائیان، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثر برهمکنش بور و روی بر عملکرد و اجزاء آن در ذرت دانه ای.مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، کرج، ۶-۴ شهریور، پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۹- طهماسبی، ک.، ع، مجیدی. ش و صفرپور حقیقی. ۱۳۸۱. تأثیر مصرف روی بر غلظت و جذب ازت، فسفر و پتاسیم در گندم. مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، کرج، ۶-۴ شهریور، پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۱۰-عزیز زاده فیروزی، ف.، م. بهمنیار. ع. مومنی و ا. قاسم پور. ۱۳۸۳. تأثیر کودهای پتاسیم و روی بر خصوصیات زراعی و مقادیر روی،آهن و فسفر در دو رقم گندم در خاک آهکی با روی پائین. مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، کرج، ۶-۴ شهریور، پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
11- Abdmooez, M. R. 1996. Dry matter yield and nutrient uptake of corn as affected by some organic wastes applied to sandy soil. Annals of Agricalture Science. 34: (3) 1319-1330.
12- Allowy, B. Y. and A. F. Tills. 1984. Copper deficiency in world. Outlook of Agriculture. 13:32-42.
13- Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular- arbuscular mycorrhiza symbiosis. Mycorrhiza. 11:3-42.
14- Barea, J. M. 1992. VAM as modifier of soil fertility Adv. Soil Sci. 15:1-40.
15- Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of Mycorrhizal fungi in the uptake on phosphorus by plants. Plant Soil. 134:187-207.
16- Brown, P. H., I. Cacmak and Q. Zhang. 1993. Form and function of zinc in plants. PP. 93-106. In: A. D. Robson (Ed.). Zinc in Soil and Plants. Kluwar Academic publishers. Dordecht, the Netherlands.
17- 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. Plant Cell. 15: 1833-1845.
18- Elwan, L. M. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants .Zagazig Journal Agriculture. Researches. 28:163-172.
19- Erdal, I., A. Yilmaz, S. Taban, S. Eker, B. Torun and I. Cacmak. 2002. Phytic acid and phosphorous concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. Journal of Plant Nutrition. 25 (1): 113-127.
20- Fecenko. J. and O. Lozek. 1998. Maize grain yield formation in dependence on applied zinc doses and is can tension soil. Rostilinna Vyroba UZP. 44 (1): 15-18.
21- Ghazi, A.K., and B. M. John Zak. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.
22- Gonzales, P. R. and M. L. Salas. 1995. Improvement of the growth, grain yield, and nitrogen, phosphorus and potassium nutrition of grain corn through weed control. Journal of Plant Nutrition. 18:11.2313-3324.
23- Hamel, C. A., and D. L. Smith. 1991. Interspecific N- transfer and plant development in mycorrhiza field- grown moisture. Soil Biology and Biochemistry 23:661-665.
24- Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. 1999. Biogeochemistry of trace elements. Warsaw, Poland: PWN.
25- Marschner, H. 1993. Zinc in soil and plant. PP. 55-77. A. D. Robon (Ed). Kluwer Academic Publishers, Dordecht the Netherland.
26- Nesmith. D. S. and J.T. Ritchie.1992b. Maize response to a severe soil water-deficit during grain filling. Field Crops Res. 29: 23-35.
27- Ocampo, A. M. 2004. Integrated nutrient manegment in corn. DAAIT NC Network.504P.
28- Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology. (3): 44-48.
29- Troehza loyanchan T.E. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. Agronomy Journal. 95 (1): 224-230.
30- 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.
31- Xiong, L., K. S. Schumaker and J. K. Zhu. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. Plant Cell. 14: 165-183.