تأثیر تنش خشکی، کاربرد روی و تلقیح میکوریز بر جذب عناصر کم مصرف در ذرت

نورعلی ساجدی[1*] و فرهاد رجالی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، اراک، ایران؛ **n-sajedi@iau-arak.ac.ir**

عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب؛ **Frejali@yahoo.com**

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف روی بر غلظت عناصر غذایی کم مصرف تحت تنش خشکی در ذرت میکوریزایی(سینگل کراس ۷۰۴)، آزمایشی در سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده‌ی 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 شامل سه سطح آبیاری، آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل۷۵٪ نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه)، قارچ میکوریزا در دو سطح (با تلقیح و بدون تلقیح) و روی از منبع سولفات روی در سه سطح (بدون مصرف، ۲۵ کیلوگرم در هکتار و ۴۵ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد که غلظت عناصر غذایی تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. با اعمال تنش خشکی غلظت مس، منگنز، روی و آهن افزایش اما غلظت فسفر و بر کاهش یافت. تلقیح قارچ میکوریزا غلظت کلیه عناصر غذایی را افزایش داد. با مصرف عنصر روی میزان غلظت مس، روی و درصد پروتئین افزایش اما غلظت آهن، منگنز و بر کاهش یافت. یک اثر آنتاگونیستی بین مصرف روی و غلظت آهن مشاهده شد. تیمار های تنش خشکی، قارچ میکوریزا و روی به تنهایی باعث افزایش درصد پروتئین دانه شدند. اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر غلظت مس و بر در سطح ۱٪ معنی دار شد اما بر غلظت سایر عناصر اثر معنی داری نداشت با این وجود میزان غلظت کلیه عناصر غذایی کم مصرف و درصد پروتئین با تلقیح قارچ میکوریزا تحت تنش خشکی افزایش یافت. با کاربرد روی تحت شرایط تنش خشکی، غلظت مس، روی، آهن، منگنز و درصد پروتئین افزایش ولی مقدار بر کاهش یافت. مصرف توأم روی و قارچ میکوریزا باعث افزایش غلظت کلیه عناصر غذایی گردید. بالاترین میزان غلظت روی و درصد پروتئین از اثر متقابل تیمار های میکوریزا و ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به ترتیب در شرایط متوسط و شدید تنش خشکی حاصل شد.

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

مقدمه

خشکی به عنوان مهمترین فاکتور محدود کننده‌ی غیر زنده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شود (چینگ[2] و همکاران، ۲۰۰۳). مکانیسم‌های غلظت و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، مانند جریان توده‌ای، انتشار و یا غلظت و انتقال به وسیله پدیده اسمز همگی تابعی از مقدار رطوبت موجود در خاک و ریشه است و در صورت کاهش

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: اراک، میدان امام خمینی، بلوار امام خمینی(ره)، شهرک دانشگاه آزاد اسلامی، صندوق پستی ۳۸۱۳۵/۵۶۷

* دریافت: خرداد ۱۳۸۹ و پذیرش: خرداد ۱۳۹۰

[2] Cheong

Archive of SID

www.SID.ir

رطوبت، شدت و مقدار غلظت عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌گردد (تایز و زایگر[1]، ۱۹۹۸). از آنجایی که ذرت در دوره‌های مختلف رشد و نمو نیازهای متفاوتی به عناصر غذایی دارد، اثر تنش خشکی نیز بر روند غلظت و تجمع عناصر غذایی در دوره‌های 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 (اوکامپو[2]، ۲۰۰۴). بیگلویی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش نمودند که افزایش تنش رطوبتی در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ باعث افزایش درصد پروتئین شد. پروتئین دانه در تیمارهای آبیاری پس از۱۰۰، ۷۵، ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب ۵/۸، ۷/۲ و۷/۴ درصد بود.

قارچ‌های میکوریزا قادر خواهند بود که اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند (اویگ[3]، ۲۰۰۱). نتایج تحقیقات بر روی گیاه میکوریزی و غیرمیکوریزی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌های گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی است که این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزی می‌باشد. همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه ۲ تا ۳ برابر افزایش نشان می‌دهد. از طرفی برگ‌های گیاهان میکوریزی ایمیکوریزی افزایش نشان می‌دهد (تروزا[4]، ۲۰۰۳). قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را بوسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای بوسیله‌ی تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد. این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزایی تحت تنش خشکی می‌شود (ایلوان[5]، ۲۰۰۱). علاوه بر فسفر، نیتروژن نیز جزء عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان میکوریزایی جذب آن را بالا برده‌اند (علیزاده، ۱۳۸۶). این افزایش جذب در گیاهان میکوریزایی حتی در شرایطی که فسفر خاک نیز زیاد باشد، دیده می‌شود (جورج[6] و همکاران، ۱۹۹۵). بهبود تولید در گیاهان میکوریزی تحت شرایط تنش خشکی را به غلظت بیشتر عناصر غذایی غیر متحرک مانند فسفر، روی و مس نسبت می‌دهند (قاضی و جون زاک[7]، ۲۰۰۳). وامرالی[8] و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند افزایش ماده‌ی خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی در تلقیح با قارچ میکوریزا در مقایسه با عدم تلقیح احتمالاً به دلیل افزایش غلظت آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه که منجر به ساخته شدن مواد فتوسنتزی بیشتری می‌شود، باشد.

در مورد دو عنصر روی و مس اکثر تحقیقات افزایش غلظت را با همزیستی میکوریز در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی نشان دادند (گیلدون و تینکر[9]، ۱۹۸۳) تحقیقات زیادی نشان داده است که در بسیاری از موارد غلظت منگنز در گیاهان میکوریزی کاهش یافته است (آرینس[10] و همکاران، ۱۹۸۹) برخی محققین بر افزایش غلظت آهن در گیاهان میکوریزی (تریبی[11]، ۱۹۹۲) در حالیکه برخی بر کاهش غلظت آهن در گیاهان میکوریزی معتقد می‌باشند (کوتاری[12] و همکاران ۱۹۹۰; راجو[13] و همکاران، ۱۹۹۰b). همزیستی میکوریزا به موفقیت استقرار گیاه و بقاء آن کمک می کند و غلظت آب و تنظیم اسمزی تحت تنش خشکی را افزایش می دهد (جاسترو[14] و همکاران، ۱۹۹۸). سونگ[15] (۲۰۰۵) گزارش نمود در اثر تلقیح قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی، ریزوسفر خاک بهبود یافته و در اثر توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه میزبان تقویت شده و خطرات اکسیداسیون کاهش می‌یابد.

روی به عنوان یکی از عناصر ریز مغذی برای بسیاری از موجودات زنده ضروری می‌باشد. حدود ۲۰۰ آنزیم و عوامل رونویسی به روی به عنوان یکی از اجزاء اساسی نیاز دارند، بنابراین، روی نقش مهمی را در سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها بازی می‌کند و در تنظیم متابولیسم ساکاریدها، اسید نوکلئیک و متابولیسم لیپید شرکت دارد، روی در بیوسنتز کلروفیل تأثیر می‌گذارد (پندیاس کاباتا-پندیاس[16]، ۱۹۹۹).

ذرت، برنج، سویا، حبوبات، سورگوم، مرکبات و درختان میوه به ویژه انگور بیشترین حساسیت را نسبت به کمبود روی دارند. حد بحرانی مقدار روی در خاکهای زراعی حدود ۱/۲ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد و در کلیه محصولات زراعی و باغی به ویژه در گیاهان حساس که در

1. Taiz and Zeiger
2. Ocampo
3. Auge
4. Troehza
5. Elwan
6. George
7. Ghazi and John Zak
8. Vamerali
9. Gildon and Tinker
10. Arinse
11. Treeby
12. Kothari
13. Raju
14. Jastrow
15. Song
16. Pendias Kabata-Pendias

Archive of SID

www.SID.ir

خاکهای با مقادیر کمتر از آن رشد می نمایند می بایستی نسبت به مصرف آن اقدام نمود. بالغ بر ۴۰٪ از اراضی مطالعه شده کشور به کمبود روی مبتلا هستند (ملکوتی و مشایخی، ۱۳۷۶).

مارشنر[1] (۱۹۹۳) گزارش کرد در اثر مصرف آهن و روی در ذرت مقدار کل کربوهیدرات نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافت و با افزایش کربوهیدرات، وزن دانه، تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت.

لوزک و فسنکو[2] (۱۹۹۸) اثر منابع روی بر عملکرد، مقدار پروتئین و غلظت عناصر پرمصرف در ذرت دانه ای را مورد بررسی قرار دادند. مقدار متوسط پروتئین دانه در سه سال کوددهی به طور معنی‌داری افزایش یافت. ضیائیان (۱۳۸۵) گزارش نمود، کاربرد روی در ذرت تأثیر معنی دار بر غلظت کل روی دانه و اندام‌های هوایی داشت اما تأثیر معنی‌دار بر میزان پروتئین نداشت. اردال[3] و همکاران (۲۰۰۲) گزارش نمودند که کاربرد روی موجب کاهش غلظت فسفر و اسیدفیتیک در دانه گندم می شود.

عزیززاده فیروزی و همکاران (۱۳۸۳) گزارش نمودند، کاربرد روی موجب افزایش روی، آهن و پروتئین در دانه گندم گردید و مقدار آنها به ترتیب ۴۴/۷۲، ۴۲/۷۰ میلی‌گرم در کیلو گرم و ۱۹/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافتند. لذا با توجه به اینکه کشورمان جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، با استفاده بهینه از منابع آبی و تقویت مکانیسم‌های تحمل به تنش خشکی، می‌توان نقش مهمی در تولید محصولات زراعی وغنی‌سازی آنها ایفا نمود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال های ۱۳۸۵ و۱۳۸۶ در مزرعه آموزشی- تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عوامل مورد مطالعه شامل تیمارهای آبیاری، سطوح عنصر روی و تلقیح قارچ میکوریزا بودند. تیمارهای آبیاری در سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شد. 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 اندازه‌گیری شد. سپس بر اساس ضریب تشتک تبخیر و ضریب گیاهی، حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. آبیاری کرت‌ها که به صورت فارویی بود، با لوله‌هایی از جنس پلی‌اتیلن انجام و حجم آب ورودی به کرت‌ها 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 قارچ میکوریزا گونه گلوموس اینترارادیسز[4] در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با جمعیت ۲۵۰ تا ۳۰۰ اندام فعال قارچ برای هر تلقیح بذر، در هنگام کاشت اعمال گردید. گونه قارچ میکوریزا از موسسه خاک و آب کشور تهیه شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت به طول ۸ متر، فاصله بین ردیف ها ۶۰ سانتی‌متر، روی ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر 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 میکوریزی از بذور ضدعفونی نشده استفاده گردید. در هر دو سال آزمایش، 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) استفاده شد. یک سوم کود نیتروژن و تمام کود های فسفر و پتاسیم در زمان کاشت و باقی‌مانده 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.

برداشت نهایی در ۱۰ آبان ماه سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، که با تشکیل لایه سیاه در قاعده هر دانه مشخص می‌شد، صورت گرفت. در برداشت نهایی ۱۰ بوته از وسط هر کرت از سطح خاک بریده شد و بلال‌های هر بوته جدا گردید و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید و دانه‌ها از بلال جدا شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت دانه‌ها در آون در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی گراد خشک و آسیاب شدند. غلظت آهن، روی، مس، منگنز و بر با استفاده از روش خاکستر خشک و با دستگاه غلظت اتمی مدل GBC ۹۳۲- ساخت استرالیا تعیین شدند (امامی، ۱۳۷۵).

درصد کلونیزاسیون ریشه با استفاده از تکنیک ریشه جانبی ارزیابی شد (رید[5] و همکاران، ۱۹۷۶). پس از آماده

1. Marschner
2. Lozek and Fecenko
3. Erdal
4. Glomus intraradices
5. Read

Archive of SID

www.SID.ir

سازی ریشه ها، بافت‌ها به روش کوسک و گما[1] (۱۹۸۹) تحت فشار و فرسودگی قرار گرفتند. ریشه‌ها با محلول تری‌پن‌بلو به روش جیووانتی و موسه[2] (۱۹۸۰) رنگ‌آمیزی شدند. ریشه‌های مویی رنگ‌آمیزی شده به طول حدود یک سانتی‌متری در ظرف پتری مشبک (روش صفحه مشبک) که با استفاده از خطوط عمودی و افقی مربعات یک سانتی‌متر در آن تشکیل شده بود، به صورت تصادفی پخش و سپس با استفاده از میکروسکوپ، ریشه‌های آلوده و غیره آلوده مورد مشاهده قرار گرفتند.

ریشه‌های آلوده حاوی اندام‌های قارچی از جمله هیف(میسلیوم)، کیسه[3] یا بوته[4] بودند. درصد کلونیزاسیون ریشه از رابطه زیر محاسبه شد (خانام[5] و همکاران، ۲۰۰۶).

میکوریزا = درصد کلونیزاسیون

۱۰۰ × مجموع قطعات مشاهده شده/ تعداد قطعات آلوده به

نتایج و بحث

کلونیزاسیون ریشه

نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که تنش خشکی در طی دو سال تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه نداشت اما تلقیح میکوریز بر این صفت در سطح احتمال ۱٪ موثر بود. (جدول ۲). با تلقیح قارچ میکوریز درصد کلونیزاسیون ریشه نسبت به تیمار بدون میکوریز ۵۰ درصد افزایش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که با افزایش کلونیزاسیون ریشه، سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان توسعه یافته و در نتیجه سطح جذب ریشه‌ها به علت نفوذ هیف‌های قارچ در خاک افزایش یافته و در نتیجه ریشه به حجم بیشتری از خاک دسترسی پیدا کرده و کارایی جذب آب و عناصر غذایی افزایش یافته و در نتیجه تولید ماده خشک افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق با نتایج علیزاده (۱۳۸۴) مطابقت داشت.

اثر مصرف روی بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد کلونیزاسیون از تیمار ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار به دست آمد (جدول ۳). احتمالاً با افزایش میکوریز ریشه از یک طرف و مصرف ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار از طرف دیگر، زمینه برقراری تعادل، جذب و انتقال عناصر غذایی از طریق ریشه به اندام‌های هوایی بهبود یافته و مواد فتوسنتزی تولید شده بیشتر در اندام‌های هوایی و مخازن زایشی تجمع می‌یابد.

تلقیح قارچ میکوریز هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش، صفت مورد بررسی را نسبت به تیمار بدون تلقیح قارچ میکوریز افزایش داد (جدول ۴).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تأثیر متقابل قارچ میکوریز و روی برصفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه از اثر متقابل مصرف ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار و تلقیح قارچ میکوریزا حاصل شد که با تیمار های مصرف میکوریزا و ۲۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار، در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با تلقیح میکوریزا و مصرف متعادل روی (۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) اگر چه تولید ماده خشک در گیاه کمی کاهش می‌یابد ولی می‌توان به عملکرد مطلوب دست یافت.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه گانه تیمارهای آزمایشی بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

با این وجود بیشترین مقدار این صفت در شرایط تنش شدید با تلقیح میکوریزا و ۴۵ کیلو گرم سولفات روی در هکتار حاصل شد که با تیمار آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه توأم با تلقیح میکوریزا و ۴۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

غلظت عناصر غذایی

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر غلظت عناصر آهن، منگنز و بر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد اما بر غلظت روی و مس اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین تیمارهای تنش نشان داد. تنش خشکی باعث افزایش غلظت عناصر روی، مس، منگنز و آهن شد اما با افزایش غلظت منگنز، غلظت آهن کاهش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج مارتنز[6] و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. وی نیز بیان نمود که منگنز و آهن از نظر غلظت توسط گیاه رابطه‌ی عکس با یکدیگر دارند یعنی افزایش غلظت منگنز باعث کاهش غلظت آهن می‌گردد. غلظت روی در تنش شدید نسبت به شاهد کاهش یافت. تنش خشکی باعث کاهش غلظت بر گردید. به نظر می رسد که تنش آب فعالیت ریشه‌های پیرتر را متوقف می‌کند و فقط نوک ریشه‌ها جذب عناصر غذایی را انجام می‌دهند که کاتیون‌های دو ظرفیتی بیشتر جذب می‌شوند از طرفی جذب آنیون‌ها نیز محدود می‌شود. نتایج

1. Koske and Gemma
2. Giovannetti and Mosse
3. Vesicle
4. Arbuscul
5. Khanam
6. Marthns

Archive of SID

www.SID.ir

این تحقیق با نتایج (بنجامین[1] و همکاران (۱۹۹۷)، ژاو[2] و همکاران (۱۹۹۷) و مارتنز و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. نتایج تجزیه ی مرکب نشان داد که اثر تلقیح قارچ میکوریزا بر غلظت آهن، منگنز، مس و بر در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی بر غلظت روی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). با توجه به جدول مقایسه‌ی میانگین تیمارهای آزمایشی، تلقیح قارچ میکوریزا، غلظت عناصر کم مصرف را افزایش داد. تلقیح قارچ میکوریزا، غلظت آهن، منگنز، روی و مس و بر را به ترتیب ۵، ۴، ۴/۲، ۱۱/۳، ۷/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. نتایج این تحقیق با نتایج حامل و اسمیت[3] (۱۹۹۱) که اظهار نمودند قارچ‌های میکوریزا غلظت عناصر غذایی را افزایش می‌دهد و باعث بهبود وضعیت غذایی گیاه میزبان می‌شود، مطابقت دارد. اما با نتایج کوسی و جانزن[4] (۱۹۸۷) و آرنس و همکاران (۱۹۸۹) که اظهار نمودند جذب منگنز در گیاهان میکوریزی کاهش یافته است، مغایرت دارد. اثر سطوح مختلف روی بر غلظت، آهن، روی، بر، مس و درصد پروتئین معنی دار شد. با مصرف روی غلظت روی، مس و درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج عزیززاده فیروزی و همکاران (۱۳۸۳) در خصوص افزایش روی و پروتئین مطابقت دارد.

آزمایش آنها به صورت گلدانی در دو رقم گندم با چهار سطح روی به صورت خاک مصرف (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار) و محلول پاشی (۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ گرم سولفات روی در هکتار) بود. نتایج این آزمایش نشان داد که غلظت آهن، منگنز و بر کاهش یافت که نشان از برهمکنش منفی این دو عناصر بخصوص آهن می‌باشد. نتایج جدول تجزیه‌ی واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر غلظت بر و مس در سطح ۱٪ معنی دار شد اما بر غلظت سایر عناصر اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). با این وجود غلظت کلیه‌ی عناصر غذایی مورد مطالعه و درصد پروتئین با تلقیح قارچ میکوریزا در شرایط مطلوب و تنش افزایش یافت. تلقیح قارچ میکوریزا در شرایط تنش، درصد پروتئین دانه را ۲۲/۳٪ و غلظت آهن، منگنز، روی، مس و بر را به ترتیب ۱۳/۱، ۸/۲، ۸/۷ ، ۲۹/۴ و ۲۱/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. به نظر می‌رسد در شرایط تنش قارچ میکوریزا در تشکیل و ثبات خاکدانه‌های خاک نقش مهمی را داشته و در نتیجه هدایت هیدرولیتیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است. نتایج این تحقیق با نتایج جورج و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد. اویگ و همکاران (۲۰۰۱) گزارش نمودند که با افزایش شدت تنش در گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی غلظت آهن، روی، مس، بر و درصد پروتئین افزایش نشان داد اما افزایش مقدار منگنز قابل توجه نبود.

نتایج تجزیه‌ی واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل آبیاری و روی بر غلظت آهن روی و مس در سطح ۱٪ معنی دار شد اما بر غلظت منگنز و بر معنی‌دار نبود. طبق جدول مقایسه ی میانگین ها (جدول ۴)، غلظت بر در دانه با افزایش شدت تنش و مصرف روی افزایش یافت. در مورد غلظت روی، مس، آهن و منگنز نیز روند افزایشی غلظت در اثر تنش خشکی و مصرف روی مشابه بود. اما با اعمال تنش خشکی و مصرف روی غلظت بر کاهش یافت. به نظر می‌رسد که در اثر تنش خشکی جذب آنیون‌ها بیشتر از کاتیون‌ها محدود می‌گردد. نتایج این تحقیق با نتایج مارتینز و همکاران (۲۰۰۳) و علیزاده (۱۳۸۴) که در شرایط گلدانی با سه سطح نیتروژن (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، قارچ میکوریزا (باتلقیح و بدون تلقیح) و آبیاری در چهار سطح (پس ار مصرف ۲۵، ۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد آب قابل استفاده) بر روی گیاه ذرت انجام شد، مطابقت دارد. وی گزارش نمود، با افزایش شدت تنش خشکی جذب آهن، مس و روی افزایش اما جذب منگنز کاهش نشان داد. در این آزمایش درصد پروتئین دانه نیز با افزایش تنش خشکی و مصرف سولفات روی، افزایش یافت. بالاترین درصد پروتئین دانه نیز از با اعمال آبیاری معادل ۵۰٪ نیاز آبی گیاه و مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی حاصل شد. درصد پروتئین در این تیمار ۱۷/۵٪ بیشتر از شاهد بود. به نظر می‌رسد که با اعمال تنش خشکی و کوتاه شدن دوره‌ی رشد زایشی، فرصت کمتری برای ذخیره‌ی نشاسته وجود دارد و در نتیجه میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد. ضمن اینکه به عقیده‌ی بسیاری از محققین، روی از طریق شرکت در ساختمان RNA پلی‌مراز باعث افزایش اسیدهای آمینه و افزایش سنتز پروتئین‌ها در نتیجه باعث افزایش درصد پروتئین می‌گردد.

اثر متقابل روی و میکوریزا بر غلظت روی، بر و مس در سطح ۱٪ و آهن در سطح ۵٪ معنی دار شد ولی بر غلظت منگنز و درصد پروتئین معنی‌دار نشد (جدول ۲). تلقیح قارچ میکوریزا و ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار غلظت روی و مس و بر را نسبت به شاهد به ۲۱٪، ۲۸/۵٪ و ۹/۵٪ افزایش دادند. تلقیح قارچ میکوریزا

1. Benjamin
2. Zhow
3. Hamel and Smith
4. Kucey and Janzen

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت آهن را هم با مصرف روی و هم بدون مصرف روی افزایش داد. یک اثر آنتاگونیستی بین مصرف روی و آهن مشاهده شد. بیشترین غلظت آهن (۴۰/۴۸ میلی گرم در کیلوگرم) از اثر متقابل تلقیح قارچ میکوریزا و بدون مصرف روی و کمترین غلظت آن از مصرف ۴۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و بدون تلقیح قارچ میکوریزا حاصل شد. با وجود اثر غیر معنی‌دار روی و تلقیح قارچ میکوریزا بر غلظت منگنز و درصد پروتئین، مقادیر صفات ذکر شده با مصرف توأم روی و تلقیح قارچ میکوریزا افزایش یافتند.

تلقیح قارچ میکوریزا توأم با و بدون مصرف روی، درصد پروتئین دانه را افزایش داد. بیشترین درصد پروتئین دانه (۹/۹۲) از اثر متقابل میکوریزا و کاربرد ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۷/۴٪ افزایش نشان داد.

اثر متقابل سه گانه‌ی تیمارهای آزمایشی بر غلظت آهن، روی و مس در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق جدول مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی (جدول ۵) غلظت عناصر روی، آهن، منگنز، مس و بر و درصد پروتئین در شرایط مطلوب رطوبت و تنش با تلقیح قارچ میکوریزا و سولفات روی، افزایش یافت. بیشترین غلظت منگنز، آهن و درصد پروتئین از تیمار آبیاری معادل۵۰٪ نیاز آبی گیاه توأم با تلقیح قارچ میکوریزا و با یا بدون مصرف روی حاصل شد.

به طور کلی با توجه به نتایج حاصله تنش خشکی غلظت بیشتر عناصر غذایی را کاهش می‌دهد اما تلقیح با قارچ‌های میکوریزا و سولفات روی به تنهایی قادرند اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل کنند. قارچ میکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می کند. عنصر روی سطح هورمون اکسین را در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد به طوری که کمبود روی در گیاه باعث کاهش رشد دیواره سلولی می‌شود. همچنین روی به طور غیر مستقیم در ایجاد فشار اسمزی نقش داشته و در شرایط کمبود روی جذب آب توسط گیاه محدود می‌شود. در نتیجه در شرایط کم آبی با مدیریت صحیح منابع آب و کاربرد کودهای بیولوژیک و عناصر کم مصرف علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و افزایش فعالیت سیستم‌های دفاعی گیاه، می توان ضمن غنی سازی محصولات زراعی گامی مؤثر در راستای کشاورزی پایدار برداشت نمود.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Cu	Mn	Fe	Zn	K	P	N (%)	OC (%)	pH	Ec ($dS.m^{-1}$)	Depth (cm)	Year
			($mg.kg^{-1}$)											
۳۶	۴۲	۲۶	۱/۱۲	۹/۱۲	۳/۸	۰/۵۲	۱۷۸	۴/۲	۰/۰۸	۰/۸	۷/۹	۰/۸۳	۰-۳۰	۱۳۸۵
۴۶	۳۱	۲۶	۰/۷۹	۶/۲	۳/۰	۰/۳۱	۱۴۵	۳/۵	۰/۰۴	۰/۵۱	۷/۹	۱/۰۷	۳۰-۶۰	
۳۶	۳۵	۲۹	۱/۱۴	۱۰/۶	۴/۶	۰/۸	۱۵۰	۵	۰/۸۰	۰/۸۲	۷/۵	۱/۲۰	۰-۳۰	۱۳۸۶
۴۴	۲۹	۲۷	۰/۸۸	۶/۶	۴	۰/۴	۱۲۰	۳/۶	۰/۶۱	۰/۶۱	۷/۴	۱/۷۰	۳۰-۶۰	

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه مرکب واریانس صفات اندازه گیری شده

منابع تغییر	درجه آزادی df	پروتئین	آهن	روی	منگنز	مس	بر	کلونیزاسیون ریشه
سال	۱	۹/۴۸^{ns}	۲۰/۶۲^{ns}	۱۲/۴۱^{ns}	۲۵/۷۶^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۶۶/۵۲^{ns}	۱۷۷۶/۴۹**
تکرار× سال	۴	۱۰/۲۶	۲۸/۱۰	۳/۸۰	۱۶/۵۵	۰/۲۳	۰/۹۰	۵۵/۲۶
آبیاری	۲	۱۱/۴۳**	۱۰۳/۳۱**	۵۰/۹۷^{ns}	۶/۷۲**	۰/۳۹^{ns}	۱۱/۱۹**	۴۹/۹۲^{ns}
آبیاری× سال	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۸۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۱۸/۳۸^{ns}
میکوریزا	۱	۲۴/۳۲**	۸۷/۱۲**	۲۳/۱۴^{ns}	۷/۹۲**	۲/۵۸**	۷/۰۷**	۶۲۵۲/۹۸**
سال× میکوریزا	۱	۰/۰۳۳^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}	۱/۲۴^{ns}	۰/۳۱^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۴۶۷/۰۰**
آبیاری × میکوریزا	۲	۰/۹۳۳^{ns}	۱/۱۴^{ns}	۶۱/۱۰^{ns}	۰/۶۵^{ns}	۵/۴۴**	۱۲/۴۷**	۱۵۸/۷۹**
سال × آبیاری × میکوریزا	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۱/۵۴^{ns}	۰/۳۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲/۲۱^{ns}
روی	۲	۳/۷۲**	۱۸۷/۱۷**	۴۰۱/۲۸**	۱/۵۹^{ns}	۱/۰۹**	۱/۸۱*	۷۸/۹۴**
سال × روی	۲	۱/۰۰^{ns}	۲۴/۵۶^{ns}	۴۴/۲۳^{ns}	۰/۷۶^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۵۰/۲۱^{ns}
آبیاری × روی	۴	۰/۷۲^{ns}	۱۳۴/۶۶**	۲۹۹/۴۲**	۰/۱۱^{ns}	۱/۸۲**	۰/۶۶^{ns}	۴/۸۰^{ns}
سال× آبیاری × روی	۴	۰/۶۵^{ns}	۲۳/۲۴^{ns}	۳۸/۳۵^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۲۶/۰۴^{ns}
میکوریزا × روی	۲	۱/۱۴^{ns}	۶۰/۵۰*	۲۹۰/۹۰**	۰/۹۷^{ns}	۲/۹۷**	۴/۰۹**	۵۲/۲۴^{ns}
سال × میکوریزا × روی	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۷/۷۳^{ns}	۳۹/۷۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۵۳^{ns}	۰/۳۴^{ns}	۴۸/۶۱^{ns}
آبیاری × میکوریزا × روی	۴	۰/۶۷^{ns}	۷۱/۳۹**	۱۸۰/۳۱**	۱/۹۱^{ns}	۱/۶۹**	۱/۰۹^{ns}	۲۶/۰۴^{ns}
آبیاری × میکوریزا × سال × روی	۴	۰/۰۱۸^{ns}	۹/۰۰^{ns}	۳۳/۹۳^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۴۸/۶۱^{ns}
اشتباه	۶۸	۰/۷۷	۱۷/۶۲	۲۶/۷۶	۰/۸۶	۰/۳۶	۰/۴۸	۳۴/۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۱	۱۱/۸	۱۹/۲	۷/۹۱	۲۱	۱۷/۵۱	۱۹/۱

جدول ۳ – مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات اندازه گیری شده در تجزیه مرکب

تیمار	پروتئین (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	روی (میلی گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	بر (میلی گرم در کیلوگرم)	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
آبیاری							
۱۰۰درصد نیاز آبی	۸/۲۸b	۳۳/۳۵b	۲۶/۷۰ a	۱۱/۷۹a	۲/۶۷ a	۴/۰۹ b	۲۳/۱۴ a
۷۵ درصد نیاز آبی	۸/۴۰b	۳۶/۳۶a	۲۸/۳۱ a	۱۱/۳۳ b	۲/۶۵ a	۴/۵۵ a	۲۱/۱۴ a
۵۰ درصد نیاز آبی	۹/۳۴a	۳۶/۲۴a	۲۶/۳۶a	۱۲/۹۱ a	۲/۸۸ a	۳/۴۸ c	۲۱/۲۳ a
میکوریز							
عدم تلقیح	۸/۱۹ b	۳۴/۴۰b	۲۶/۵۳ a	۱۱/۵۱ b	۲/۶۳ b	۳/۸۰ b	۱۴/۸۹ b
تلقیح	۹/۱۶a	۳۶/۲۳ a	۲۷/۷۲ a	۱۲/۰۴ a	۲/۸۵a	۴/۲۸ a	۳۰/۱۱ a
روی							
صفر	۸/۵۴b	۳۸/۳۸ a	۲۳/۴۲c	۱۱/۹۸ a	۲/۴۷b	۴/۳۵a	۲۱/۳۳b
۲۵	۹/۲۲a	۳۴/۵۷ b	۲۶/۰۰b	۱۱/۸۷ ab	۲/۸۶a	۳/۸۱b	۲۲/۰۱ b
۴۵	۸/۲۸b	۳۳/۰۰ b	۳۱/۹۴a	۱۱/۴۶ b	۲/۸۸a	۳/۹۵ b	۲۴/۱۷ a

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴ – مقایسه میانگین اثرات متقابل دو گانه صفات اندازه گیری شده در تجزیه مرکب

آبیاری	میکوریزا	پروتئین (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	روی (میلی گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	بر (میلی گرم در کیلوگرم)	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۷/۶۵c	۳۲/۴۴b	۲۷/۵۶ab	۱۱/۴۰ bc	۲/۳۶b	۳/۳۱ b	۱۷/۶۱ c
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	۸/۹۲d	۳۴/۲۵ab	۲۵/۸۵b	۱۲/۱۹ ab	۲/۹۸ a	۴/۸۷ a	۳۲/۹۶ a
۷۵ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۸/۱۲ c	۳۵/۵۹ab	۲۶/۴۴b	۱۱/۱۷ c	۲/۳۱b	۴/۴۱ a	۱۳/۵۷ d
۷۵ درصد نیاز آبی	تلقیح	۸/۷۱b	۳۷/۱۴ a	۳۰/۱۸a	۱۱/۵۰ bc	۳/۰۱a	۴/۶۹ a	۲۸/۷۱ b
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۸/۸۲b	۳۵/۱۷ ab	۲۵/۶۰b	۱۱/۹۷ ab	۳/۲۱a	۳/۶۸ b	۱۳/۵۰d
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	۹/۸۵a	۳۷/۳۱a	۲۷/۱۲ab	۱۲/۴۲ a	۲/۵۶ b	۳/۲۸ b	۲۸/۶۱ b
آبیاری	روی							
۱۰۰درصد نیاز آبی	صفر	۸/۳۳cd	۳۴/۴۶bcd	۲۴/۵۹cd	۱۱/۹۶ ab	۲/۰۱ d	۴/۱۹ bc	۲۲/۲۳ab
۱۰۰درصد نیاز آبی	۲۵	۸/۳۴cd	۳۳/۷۹bcd	۲۳/۵۲d	۱۱/۷۵ abc	۳/۴۲a	۴/۰۰ bc	۲۲/۱۷ab
۱۰۰درصد نیاز آبی	۴۵	۸/۱۷cd	۳۱/۷۹cd	۳۲/۰۰b	۱۱/۶۸ abc	۲/۵۷bc	۴/۰۸ bc	۲۵/۰۸a
۷۵ درصد نیاز آبی	صفر	۸/۱۲cd	۳۵/۶۷bc	۱۷/۵۵e	۱۱/۵۰ bc	۲/۵۹ bc	۴/۹۴ a	۲۲/۳۱b
۷۵ درصد نیاز آبی	۲۵	۹/۲۳b	۳۶/۵۴bc	۲۸/۹۶bc	۱۱/۵۰ bc	۲/۳۲ cd	۴/۱۱ bc	۲۱/۳۳ ab
۷۵ درصد نیاز آبی	۴۵	۷/۹۱d	۳۶/۸۷ b	۳۸/۴۲ a	۱۱/۰۰ c	۳/۰۷ ab	۳/۶۱ ab	۱۹/۸۰b
۵۰ درصد نیاز آبی	صفر	۹/۱۶ b	۴۵/۰۰ a	۲۸/۱۳ bc	۱۲/۵۰ a	۲/۸۰ bc	۳/۹۲ c	۲۲/۴۷ab
۵۰ درصد نیاز آبی	۲۵	۱۰/۱۰a	۳۳/۳۸bcd	۲۵/۵۳ cd	۱۲/۳۷ a	۲/۸۴ bc	۳/۳۵ d	۲۲/۵۸ab
۵۰ درصد نیاز آبی	۴۵	۸/۷۵ bc	۳۰/۳۳ d	۲۵/۴۲ cd	۱۱/۷۱ abc	۳/۰۲ ab	۳/۱۶ d	۲۱/۶۲a
عدم تلقیح	صفر	۸/۱۹ cd	۳۶/۴۲ b	۲۷/۱۳ b	۱۱/۷۸ a	۲/۴۳ b	۳/۸۳ bcd	۱۴/۹۵cd
عدم تلقیح	۲۵	۸/۵۲ bc	۳۵/۶۶ b	۲۲/۹۱ c	۱۱/۷۵ a	۲/۳۲ b	۳/۴۰ d	۱۳/۲۲d
عدم تلقیح	۴۵	۷/۸۸ d	۳۱/۱۱ c	۲۹/۵۶ b	۱۱/۰۱ b	۳/۱۲ a	۴/۱۶ bc	۱۶/۵۱c
تلقیح	صفر	۸/۸۹ b	۴۰/۴۸ a	۱۹/۷۱ c	۱۲/۱۹ a	۲/۵۰b	۴/۸۷a	۲۷/۷۲b
تلقیح	۲۵	۹/۹۲ a	۳۳/۴۸ bc	۲۹/۱۰ b	۱۲.۰۰ a	۳/۴۰a	۴/۲۳b	۳۰/۷۹a
تلقیح	۴۵	۸/۶۸ bc	۳۴/۸۹b	۳۴/۳۳a	۱۱/۹۲a	۲/۶۵b	۳/۷۳cd	۳۱/۸۳a

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

جدول ۵ – مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه صفات اندازه گیری شده در تجزیه مرکب

آبیاری	میکوریزا	روی	پروتئین (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	روی (میلی گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	بر (میلی گرم در کیلوگرم)	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	صفر	۸/۰۲ e-h	۳۳/۵۰ cde	۳۰/۹۰bcd	۱۱/۰۸ cd	۲/۲۲ def	۲/۸۸ hi	۱۷/۸۳de
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۲۵	۷/۲۳ h	۳۵/۰۰ cde	۲۲/۷۷ fg	۱۱/۷۵ abc	۲/۳۲ c-f	۳/۰۰ ghi	۱۴/۲۲ef
۱۰۰درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۴۵	۷/۷۱ fgh	۲۸/۸۳ ef	۲۹/۰۰ c-f	۱۱/۳۷ bcd	۱/۵۳ b-e	۴/۰۵ de	۲۰/۷۸ d
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	صفر	۸/۶۴ c-f	۳۵/۴۲ cde	۱۸/۲۸ gh	۱۲/۸۳ a	۱/۸۰ ef	۵/۵۰ a	۲۶/۶۲c
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	۲۵	۹/۴۶ bcd	۳۲/۵۸ cde	۲۴/۲۷ fg	۱۱/۷۵ abc	۴/۵۳ a	۵/۰۰ abc	۳۰/۰۰bc
۱۰۰درصد نیاز آبی	تلقیح	۴۵	۸/۶۴ c-f	۳۴/۷۵ cde	۳۵/۰۰ abc	۱۲/۰۰ abc	۲/۶۲ bcd	۴/۱۱ cde	۲۹/۳۸bc
۷۵ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	صفر	۸/۱۳ e-h	۳۲/۲۶ cde	۱۹/۰۰ gh	۱۱/۷۵ abc	۲/۵۳ b-e	۴/۶۰ bcd	۱۱/۵۲f
۷۵ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۲۵	۸/۷۵ c-f	۳۵۸/۵۰ cde	۱۹/۱۵ gh	۱۱/۵bc	۱/۶۰ f	۴/۱۰ cde	۱۴/۲۲ ef
۷۵ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۴۵	۷/۴۹ gh	۳۹/۰۰ bc	۴۱/۱۷ a	۱۰/۲۵ d	۲/۸۰ b-e	۴/۵۳ bcd	۱۴/۹۸ ef
۷۵ درصد نیاز آبی	تلقیح	صفر	۸/۱۳ e-h	۳۹/۰۸ bc	۱۶/۱۰ h	۱۱/۲۵ bcd	۲/۶۵ bcd	۵/۲۸ ab	۲۷/۱۰ c
۷۵ درصد نیاز آبی	تلقیح	۲۵	۹/۶۸ abc	۳۷/۵۸ bcd	۳۸/۷۶ a	۱۱/۵۰ bc	۳/۰۳ bc	۴/۱۱ cde	۲۸/۳۲bc
۷۵ درصد نیاز آبی	تلقیح	۴۵	۸/۳۲ efg	۳۴/۷۵ cde	۳۵/۶۷ ab	۱۱/۷۵ abc	۳/۳۳ b	۴/۶۸ a-d	۳۰/۶۲ abc
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	صفر	۸/۴۳ d-g	۴۳/۵۰ab	۳۱/۵۰ bcd	۱۲/۵ ab	۲/۵۵ b-e	۴/۰۲ de	۱۵/۵۲ ef
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۲۵	۹/۵۸ bc	۳۶/۵۰ cd	۲۶/۸۰ bcd	۱۲/۰۰ abc	۳/۰۵ bc	۳/۱۰ f-i	۱۱/۲۲ f
۵۰ درصد نیاز آبی	عدم تلقیح	۴۵	۸/۴۳ d-g	۲۵/۵۰ f	۱۸/۵۰ gh	۱۱/۴۲ bc	۴/۰۳ a	۳/۹۲ def	۱۳/۷۶ ef
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	صفر	۹/۸۸ ab	۴۶/۵۰a	۲۴/۷۶ efg	۱۲/۵۰ ab	۳/۰۵ bc	۳/۸۳ d-g	۲۹/۴۳ bc
۵۰ درصد نیاز آبی	تلقیح	۲۵	۱۰/۶۲ a	۳۰/۲۶ def	۲۴/۲۷ fg	۱۲/۷۵ a	۲/۶۳ bcd	۳/۶۰ e-h	۳۳/۹۵ab

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

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست 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.

۳. ضیائیان، ع. ۱۳۸۵. بررسی اثر برهمکنش بر و روی بر عملکرد و اجزاء آن در ذرت دانه ای. مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، کرج.

۴. عزیز زاده فیروزی، ف. م، بهمنیار. ع، مومنی و الف، 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.

۵. علیزاده، الف. ۱۳۸۴. بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد و میزان غلظت عناصر غذایی و نیز مطالعه همزیستی میکوریزایی در ذرت. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز.

۶. علیزاده، الف. و الف علیزاده. ۱۳۸۶. اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله پژوهش در علوم کشاورزی. سال سوم. شماره اول. صفحه ۱۰۱-۱۰۸.

۷. ملکوتی، م. ج. و ح. مشایخی. ۱۳۷۶. ضرورت مصرف سولفات روی برای افزایش کمی و کیفی و غنی‌سازی تولیدات کشاورزی در کشور. نشر آموزش کشاورزی. ۱۳ صفحه.

8. Arines, J. A. Vilarijo, and M. Sainz. 1989. Effect of different inoculum of VAM fungi on manganese content and content and concentration in red clover plants. 112:215-219.
9. Auge, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular- arbuscular mycorrhiza symbiosis. Mycorrhiza, 11:3-42.
10. Benjamin, J. G., L. K. Pokter, H. Duke, and L. R. Ahuja. 1997. Corn growth and nitrogen uptake with furrow irrigation and fertilizer bands. Agronomy Journal. 89:609-612.
11. 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.
12. 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.
13. 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. J. Plant Nutrition. 25(1) 113-127.
14. Fecenko, J. and O. Lozek. 1998. Maize grain yield formation in dependence on opplied zinc doses and is can tention soil . Rostilinna Vyroba UZP. 44(1): 15-18.
15. George E., V. Romheld and H. Marschner. 1994. Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrient uptake by plants. In: Manthey JA, Crowley DE, Luster DG(eds) Biochemistry of metal micronutrients in the rhizosphere. Lewis, London, pp. 93-109.
16. George E., H. Marschner and I. Jakobsen. 1995. Role of Arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. Critical Review of Biotechnol. 15:257-270.
17. Ghazi, A.K., and B. M. John Zak. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza, 14:263-269.
18. Gildon A. and Tinker. P. B. 1983. Interactions of VAM infection and heavy metals in plants. In the effects of infection on uptake of copper. New Phytolo. 95:263- 268.
19. Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-

Archive of SID

www.SID.ir

arbuscular infection in roots. New Phytol. 84:489-500.
20. Hamel, C. A., and D. L. Smith 1991. Interspecific N- transfer and plant development in a mycorrhiza field- grown moisture soil Biology and Biochemistry 23:661-665.
21. Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. 1999. Biogeochemistry of trace elements. Warsaw, Poland: PWN.
22. 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.
23. Koske, R. E. and J. N. Gemma. 1989**.** A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. Mycol. Res.92:486-488.
24. Kothari, S. K., H. Marschnnere, and U. Romheld. 1991a. Contribution of VA mycorrhizal hyphe in acquisition of phosphorus and zinc by maize. New Phytol. 117:649-665.
25. Kucey, R. M. N and H. H. Janzen, 1987. Effect of VAM and reduced butrient availability on growth and phosphors and micronutrient uptake of wheat and field beans under greenhouse. Plant Soil. 104:71-78.
26. Jastrow, J. D., R. M. Miller and J. Lussenhop. 1998. Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. Soil Biol. Biochem. 30:905- 916.
27. Ocampo, A. M. 2004. Integrated nutrient manegment in corn. DAAIT NC Network.504P.
28. Lambert, D. H., D. E. Baker, and G.H. Coler. 1979. The role of mycorrhiza in the interactions of phosphorus with zinc. Cooper and other elements. Soil Sci Soc. Ame. J.43:976-980.
29. Marschner , H. 1993. Zinc in soil and plant , ED. A. D. Robon . Kluwer Academic Publishers Drodrcht the Netherlands, 55-77.
30. Martins, A. L. C., O. C Batagha. O. A Camargo. and H. Contarella. 2003. Corn yield and uptake of Cu, Mn and Zn from sowage slodge- amend soil with and without liming Revista-Basilica- deciencia. V. 27:563- 574.
31. Raju. P .S., R. B. Clark, , J. r. Ellis and J. W. Maranvitte. 1990b. Mineral uptake and growth of sorghum colonized with VA mycorrhiza at varied soil phosphorus levels. Journal Plant Nutrition. 13: 843 - 856
32. Read, D. J., H. K. Koucheki and J. Hodgaon. 1976. Vesicular arbuscular mycorrhiza in natural vegetation system. New Phytol. 77:641-653
33. Rhodes, L. H. and J. W. Gerdemann. 1978. Translocation of calcium and phosphate by external hyphe of vam. Soil Science . 126:125-126.
34. Song. H. 2005. Effects of vam on host plant in condition of drought stress and its mechanisms .Electronic journal of Biology. 2005, vol. 1(3):44-48.
35. Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Plant physiology (zed ed) sinager associates. Inc. Publisher. Sunderland Massa Chusetts. 757p.
36. Treeby. M. T. 1992. The role of mycorrhizal fungi and nonmycorrhizal microorganisms in iron nutrition of citrus soil Brok and Bioche.24: 857- 864.
37. Troehza loynachan T. E. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn,soybean and fallow. Agronomy Journal. 95(1): 224-230.
38. 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.
39. Zhow, X. M., Madramootoo. G.A., Mackenzie. A. F and D. L. Smith. 1997. Biomass production and nitrogen uptake in corn- rayegrass systems Agronomy Journal. 89:749-756.

Archive of SID

www.SID.ir