فصلنامه علمی - پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۸، ویژه نامه شماره ۲-۳۱، تابستان ۱۳۹۱

کاربرد کودهای حاوی ریزمغذی های روی، آهن و منگنز بر غلظت این عناصر در برگ و دانه سویا و ارتباط آن با عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی

سهیل کبرایی[1]*، قربان نورمحمدی[1]، حسین حیدری‌شریف‌آباد[1]، فرخ درویش‌کجوری[1]، بابک دلخوش[1]

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد ریزمغذی‌های روی، آهن و منگنز بر غلظت ابن عناصر در برگ و دانه و ارتباط آن با عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در غالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در محل مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه در سال ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. دراین تحقیق سطوح مختلف عناصر روی (۲۰ و۴۰ کیلوگرم در هکتار)، آهن (۲۵ و۵۰ کیلوگرم در هکتار) و منگنز (۲۰ و۴۰کیلوگرم در هکتار) بر روی گیاه زراعی سویا (*Glycine max* L.) رقم ویلیامز بررسی و با شاهد مقایسه شدند. در پایان فصل رشد جهت تعیین غلظت عناصر فوق در برگ و دانه از هر کرت ۵ بوته انتخاب شد و نمونه‌ها پس از آماده‌سازی به آزمایشگاه ارسال گردیدند. همچنین عملکرد نهایی و عملکرد بیولوژیکی اندازه‌گیری و محاسبه شدند. نتایج نشان دادکه کاربرد روی اثر بسیار معنی‌داری بر غلظت روی و آهن در برگ و روی، آهن و منگنز در دانه دارد. درحالی‌که اثر آهن بر غلظت روی در برگ معنی‌دار نبود. اما توانست غلظت آهن در برگ و دانه را افزایش دهد. به‌علاوه کاربرد آهن به‌طور معنی‌داری سبب کاهش غلظت منگنز در برگ و دانه گردید. با مصرف آهن تا ۲۵ کیلوگرم در هکتار غلظت این عنصر در برگ و دانه افزایش یافت. کاربرد بیشتر این عنصر تأثیری بر غلظت آهن در برگ و دانه نداشت. کاربرد منگنز باعث افزایش غلظت منگنز در برگ و دانه شد. بیشترین غلظت این عنصر در برگ و دانه با مصرف ۴۰ کیلوگرم منگنز در هکتار به‌دست آمد. در مقابل، غلظت روی در برگ و دانه تغییرات کمی را در پاسخ به افزایش منگنز نشان داد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی تحت‌تأثیر اثر روی، آهن، منگنز و اثر متقابل روی و منگنز قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: روی، آهن، منگنز، غلظت عناصر میکرو، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیکی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران
* مکاتبه‌کننده: (s.kobraee@srbiau.ac.ir)(kobraee@yahoo.com)

دریافت: پاییز ۱۳۸۹ پذیرش: زمستان ۱۳۸۹

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

افزایش عملکرد گیاه با مصرف یک عنصر نتیجه تأثیر آن عنصر بر فرآیندهای آنزیمی، ماده‌سازی، فتوسنتز، انتقال مواد ساخته‌شده در گیاه، ذخیره‌سازی و تثبیت نیتروژن و یا عوامل دیگری نظیر افزایش سطح برگ، دوام سطح و یا ایجاد ویژگی‌هایی در گیاه مانند افزایش کارآیی مصرف آب وایجاد مقاومت به تنش‌های محیطی مختلف مثل خشکی، شوری و غیره می‌باشد. با درنظرگرفتن این مسأله که کاربرد عناصر ریزمغذی احتمالاً می‌تواند موجب افزایش عملکرد گردد حتی در غیر این‌صورت نیز چنانچه مصرف عنصر بتواند موجب افزایش محتوای عناصر در اندام‌های رویشی و دانه‌ها شود می‌تواند سهم مهمی در سلامت جوامع بشری داشته باشد. امروزه روی را بیشترین عامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق مختلف جهان می‌دانند (Cakmak *et al.*, 1998; Fageria, 2001; Mandal *et al.*, 2000). محتوای روی در خاک به نوع خاک، مدیریت زراعی، شرایط محیطی و اقلیمی منطقه، گونه گیاهی کشت‌شده و نوع زراعت بستگی دارد. این عوامل می‌توانند در غلظت عنصر درخاک، حلالیت عنصر و قابلیت جذب و دسترسی ریشه به روی بسیار مؤثر باشند. روی می‌تواند توسط کلوئیدهای خاک و مواد آلی جذب گردد (Fageria, 2009).

Baligar & Fageria *et al* (1997) کمبود روی را یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد ماده خشک و تولید گیاهانی از قبیل ذرت، سویا، لوبیا، برنج و گندم می‌دانند و اظهار می‌دارند که هر دو دسته گیاهان مهم زراعی یعنی غلات ولگوم‌ها نسبت به کودهای روی واکنش مطلوبی نشان می‌دهند. همچنین کمبود روی نه تنها عملکرد و تولید این گیاهان را کاهش می‌دهد بلکه منجربه کاهش ارزش غذایی آنان نیز می‌گردد. روی برای تشکیل کلروفیل و کربوهیدرات‌ها ضروری است. همچنین روی نقش مهمی در فعال‌سازی سیستم‌ها آنزیمی گیاهان دارد. این عنصر در متابولیسم نیتروژن، سنتز اسیدآمینه تریپتوفان، متابولیسم نشاسته، گلدهی و میوه‌دهی در گیاهان، افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌های قارچی، فعالیت بیولوژیکی غشاء سلولی، توسعه ریشه گیاه و سنتز RNA و DNA نقش مهمی را ایفا می‌کند (Fageria, 2009). کمبود آهن نیز یک مشکل اساسی در بیشتر خاک‌های آهکی است (Lucena & Chaney, 2007). کمبود آهن در طیف گوناگونی از خاک‌ها رخ می‌دهد اما در خاک‌هایی که اسیدیته بالاتر از ۶ دارند بیشتر دیده می‌شوند (Fageria *et al.*, 1994). آهن نقش مهمی در تثبیت نیتروژن، فتوسنتز و سیستم انتقال الکترون دارد (Bennett, 1993). سنتز کلروفیل‌ها، تیلاکوئید و بسیاری از پروتئین‌های آهن‌دار وابسته به وجود این عنصر می‌باشند (Imsande, 1998). طبق یافته‌های Expert (2007) فعالیت آنزیم مهم و حیاتی روبیسکو (ribulose- 1,5-biphosphate carboxylase/oxidase) شدیداً وابسته به وجود آهن بوده و فعالیت آن با کمبود آهن کاهش می‌یابد. با افزایش pH خاک میزان حلالیت وغلظت آهن درمحلول خاک کاهش می‌یابد. طبق اظهارات Fageria (2000) خصوصیات شیمیایی خاک مانند pH یکی از فاکتورهای مهم برای تعیین میزان جذب و انتقال آهن در خاک و گیاه می‌باشد. M.chague (1922) منگنز را یک عنصر ضروری برای گیاهان عالی معرفی نمود. بیشتر تحقیقات بر روی منگنز در گیاهان زراعی در نیمه دوم قرن بیستم انجام شد (Fageria, 2009). با افزایش pH

Archive of SID

www.SID.ir

خاک به کمتر از ۶/۵ حلالیت و دسترسی ریشه گیاه به منگنز کاهش می‌یابد (Ducic & Polle, 2005; Rosas *et al.*, 2007). منگنز به‌طور غیرمستقیم در تشکیل و ساخت کلروفیل نقش دارد، این عنصر از اجزاء تشکیل‌دهنده آنزیم‌های تنفسی می‌باشد. همچنین منگنز در فعال‌سازی واکنش‌های متابولیکی مهم در گیاهان، تسریع در جوانه‌زنی و رسیدگی گیاه، افزایش قابلیت دسترسی به فسفر و کلسیم، شرکت در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء و سیستم‌های انتقال الکترون، جزء ساختمانی متالوپروتئین‌ها، کمک به متابولیسم آهن و اسمیلاسیون نیترات، افزایش مقاومت گیاهان به امراض و بیماری‌ها، دارا بودن نقش مهم در تثبیت کربن در گیاهان C_4 و تثبیت نیتروژن در لگومینوزها نقش مهمی را بر عهده دارد (Fageria, 2009). طبق گزارش Mandal *et al* (2000) غلظت‌های بالایی از Fe^{+2} و Mn^{+2} در محلول خاک می‌تواند اثر آنتاگونیستی بر روی جذب عنصر روی داشته باشد. طبق آزمایشات Alloway *et al* (2004) از یک طرف انتقال روی از ریشه به سایر قسمت‌های گیاه با مصرف منگنز افزایش می‌یابد و از طرف دیگر بالابودن غلظت منگنز و آهن در خاک می‌تواند از جذب روی در خاک خصوصاً در شرایط غرقابی برنج جلوگیری نماید. Fageria *et al* (1992) اظهار داشت که معمولاً غلظت عنصر در گیاه با افزایش سن گیاه کاهش می‌یابد. این امر در در خصوص سویا به گونه‌ای است که با افزایش سن گیاه غلظت عنصر در اندام‌های هوایی کاهش چشمگیری نشان نمی‌دهد. بنابراین از نظر آماری معنی‌دار نیست. در مورد گیاهی مانند سویا غلظت عنصر در اندام‌های هوایی با توجه به رابطه آن با غلظت عنصر در دانه‌ها که بعداً مورد تغذیه انسان و دام و طیور قرارمی‌گیرد اهمیت می‌یابد و از این جهت درک این رابطه و افزایش محتوای غذایی دانه بسیار مهم است و نقش اساسی در سلامت انسان دارد. ازاین‌رو با توجه به اهمیت موضوع و اینکه اثر این سه عنصر به‌طور همزمان کمتر ارزیابی گردیده بنابراین تحقیقی با هدف بررسی اثر عناصر ریزمغذی بر ارزش غذایی، غلظت عنصر در اندام‌های گیاه و تولید و عملکرد سویا در شرایط آب و هوایی کرمانشاه به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی دامپروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه انجام شد. این ایستگاه در کیلومتر ۱۰ جاده کرمانشاه- تهران قرار گرفته است. از نظر موقعیت جغرافیایی در ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه عرض جغرافیایی و ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه طول جغرافیایی واقع گردیده است. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۳۵۱/۶ متر است. میزان متوسط بارندگی سالیانه در این ایستگاه ۴۷۸ میلی‌متر بوده و اقلیم ایستگاه بر اساس تقسیم‌بندی آمبرژه از نوع نیمه‌خشک سرد تا معتدل می‌باشد. جهت انجام این تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم ویلیامز بوده که از گروه رسیدگی (۳) می‌باشد. در این تحقیق سه عنصر روی، آهن و منگنز به ترتیب با غلظت‌های مختلف برای روی (۲۰ و ۴۰کیلوگرم در هکتار از منبع Znso4)، آهن (۲۵ و۵۰ کیلوگرم درهکتاراز منبع Feso4) و منگنز (۲۰ و۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع Mnso4) مورد مصرف قرار گرفتند. به‌این‌ترتیب آزمایش شامل ۲۷ تیمار بود که در ۸۱ کرت آزمایشی قرار گرفتند. زمین مورد آزمایش در پائیز سال ۱۳۸۸ باگاوآهن برگردان‌دار شخم خورده و در سال ۱۳۸۹ شخم

Archive of SID

www.SID.ir

مجددی عمود بر شخم قبلی زده شد. سپس توسط دیسک کلوخه‌ها خرد شده و مقدار ۲۷ کیلوگرم کود فسفات آمونیم (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مقدار ۷ کیلوگرم اوره (۵۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت یکنواخت در سطح مزرعه توزیع و توسط دیسک با خاک مخلوط شدند. به کمک فاروئر پشته‌هایی به فواصل ۶۰ سانتی‌متر احداث و سپس اقدام به ایجاد نهرهای آبیاری گردید. قبل از کاشت، بذور ابتدا با محلول ۱۰ درصد شکر کمی خیس شده و هر کیلوگرم بذر با ۲ گرم باکتری *Bradyrhizobium japonicum* آغشته شد. جهت کاشت ابتدا شیاری به عمق ۴سانتی‌متر در وسط پشته ایجاد و سپس بذور به‌صورت فشرده و نزدیک به هم در ته شیار قرارداده شدند و روی آن با خاک نرم و با فشاری ملایم پوشانیده شد. میزان مصرف کودهای سولفات آهن، روی و منگنز بر اساس مساحت کرت محاسبه و سپس کودها هر کدام به میزان ۵ برابر وزن کود با خاک نرم مخلوط شدند و در شیارهایی که در کنار پشته‌ها به‌وسیله دست ایجاد گردید قرار داده شدند. در پایان فصل رشد و در مرحله رسیدگی نهایی R_8 (Fehr & Caviness, 1977)، ازهرکرت ۵ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت عناصر در برگ، از برگ‌های باقی‌مانده در قسمت‌های بالایی بوته (کاملاً توسعه‌یافته) استفاده گردید، همچنین دانه‌ها از غلاف جدا شدند. نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و به کمک آسیاب برقی به‌صورت پودر درآمده و در کوره تا دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند. سپس در اسیدکلریدریک دو نرمال حل شده و جهت تعیین عناصر به آزمایشگاه ارسال گردیدند (Marschner, 1995). جهت محاسبه عملکرد نهایی دو ردیف وسط هر کرت با درنظرگرفتن حاشیه به‌طور کامل برداشت شدند. وزن خشک دانه با کسر ۱۳ درصد رطوبت محاسبه و به عنوان عملکرد اقتصادی در نظر گرفته شد. همچنین برای تعیین عملکرد بیولوژیکی نیز وزن خشک کل بوته‌ها به عنوان عملکرد بیولوژیکی درنظرگرفته شد. تجزیه واریانس داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری MSTATC و SPSS,13 بر اساس آزمایش فاکتوریل درقالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی وجهت مقایسه میانگین‌ها از روش LSD استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که مصرف روی اثر بسیار معنی‌داری بر غلظت روی و آهن در برگ و روی، آهن و منگنز در دانه دارد. اثر ساده آهن بر روی غلظت روی در برگ معنی‌دار نبود اما به‌طور بسیار معنی‌داری توانست غلظت آهن در برگ و دانه را افزایش دهد. از طرف دیگر کاربرد آهن به‌طور معنی‌داری توانست سبب کاهش غلظت منگنز در برگ در سطح ۵٪ و در دانه در سطح ۱٪ گردد. اثر منگنز بر غلظت روی و آهن در برگ و روی در دانه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد اما تأثیر آن بر غلظت منگنز در برگ و آهن و منگنز در دانه در سطح ۵٪ معنی‌داری بود. اثر متقابل روی و آهن بر غلظت عناصر آهن و منگنز در برگ معنی‌دار نبود اما اثر متقابل غلظت آهن و منگنز در دانه اختلاف بسیار معنی‌داری را در سطح ۱٪ بر غلظت این دو عنصر داشت. همچنین غلظت روی در برگ و دانه در سطح ۵٪ تحت‌تأثیر اثر متقابل روی و آهن قرار گرفت. اثر متقابل روی و منگنز بر غلظت روی، آهن و منگنز در برگ و روی در دانه معنی‌دار نبود اما غلظت آهن و

Archive of SID

www.SID.ir

منگنز در دانه به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪ اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان دادند. غلظت روی، آهن و منگنز در برگ تحت‌تأثیر اثر متقابل آهن و منگنز قرار نگرفتند و اختلاف آنان از نظر آماری معنی‌دار نبود درحالی‌که اثر متقابل آنان بر غلظت آهن و منگنز در دانه در سطح ۱٪ و غلظت روی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود.

به استثناء غلظت منگنز در دانه که در سطح ۵٪ تحت‌تأثیر اثر متقابل سه‌گانه قرار گرفت در بقیه موارد اثر متقابل روی، آهن و منگنز بر غلظت عناصر در برگ و دانه معنی‌دار نبود. در خصوص عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی می‌توان دید که عملکرد دانه تحت‌تأثیر اثر روی، آهن، منگنز و اثر متقابل روی و منگنز قرار گرفت و اختلاف بسیارمعنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد و در سایر موارد عملکرد دانه تحت‌تأثیر قرار نگرفت، اما عملکرد بیولوژیکی تحت‌تأثیر کاربرد عناصر روی، آهن و منگنز و اثرات متقابل آنان قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری را در سطح ۱ درصد نشان داد. وزن خشک بوته نیز در نتیجه کاربرد روی، آهن و منگنز و اثر متقابل روی و آهن دارای اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ بود و اثر متقابل روی و منگنزاز یک سو و آهن و منگنز از سوی دیگر در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. وزن خشک بوته تحت‌تأثیر اثر متقابل آهن و منگنز قرار نگرفت. طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول‌های ۲ و ۳) در این آزمایش در نتیجه کاربرد روی غلظت این عنصر در برگ از ۱۶/۱۸ به ۲۵/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در برگ رسید، همچنین غلظت روی در دانه نیز با کاربرد عنصر روی به مقدار زیادی افزایش یافت به‌طوری‌که غلظت آن از ۲۴/۲۰ به ۴۱/۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید. این شرایط در خصوص آهن تا حدی متفاوت بود به‌طوری‌که با مصرف آهن تا ۲۵ کیلوگرم در هکتار غلظت آهن در برگ و دانه افزایش یافت اما با مصرف بیشتر این عنصر غلظت آهن در برگ و دانه دچار کاهش گردید. بیشترین غلظت آهن در برگ و دانه به ترتیب ۱۳۳/۰۰ و ۷۰/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم را در مصرف ۲۵ کیلوگرم آهن در هکتار شاهد بودیم. روند افزایش غلظت منگنز در برگ و دانه مشابه عنصر روی بود و بیشترین غلظت این عنصر را در هر دو اندام برگ و دانه با مصرف ۴۰ کیلوگرم منگنز در هکتار به‌دست آمد. همان‌گونه که ذکر شد در این آزمایش مصرف آهن موجب کاهش غلظت منگنز در برگ و دانه گردید. این مسأله درخصوص مصرف منگنز و اثر آن بر غلظت آهن نیز صادق بود. بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۴۰ کیلوگرم روی، ۵۰ کیلوگرم آهن و ۴۰ کیلوگرم منگنز به‌دست آمد. بررسی دقیق‌تر نشان می‌دهد که میزان تأثیر مصرف ۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم آهن و ۲۰ تا۴۰ کیلوگرم منگنز در هکتاراختلاف در عملکرد دانه بسیار کم بوده و از نظر آماری معنی‌دار نیست. این مورد می‌تواند از جنبه اقتصادی در مصرف کمتر این عناصر مدنظر قرار گیرد. حداکثر عملکرد بیولوژیکی با مصرف ۴۰ کیلوگرم روی، ۵۰ کیلوگرم آهن و ۴۰ کیلوگرم منگنز به‌دست آمد. بین مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار عملکرد بیولوژیکی افزایش چشمگیری را نشان نداد. درحالی‌که این مسأله درخصوص دو عنصر روی و منگنز صادق نبود و با افزایش مصرف این دو عنصر عملکرد بیولوژیکی همچنان روند افزایشی داشت. بیشترین وزن خشک بوته با مصرف ۲۰ کیلوگرم روی، ۵۰ کیلوگرم آهن و ۴۰ کیلوگرم منگنز به‌دست آمد. غلظت روی در دانه با مصرف به‌دست آمد. غلظت روی در دانه با مصرف ۴۰، ۵۰ و ۲۰ کیلوگرم روی، آهن و منگنز در بالاترین مقدار یعنی ۴۴/۹۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم وزن خشک دانه به‌دست آمد. از طرف دیگر صرفاً با مصرف ۲۵

Archive of SID

www.SID.ir

گیلوگرم آهن در هکتار بیشترین غلظت آهن در دانه حاصل شد. بیشترین غلظت منگنز در دانه در شرایطی به‌دست آمد که صرفاً از ۴۰ کیلوگرم در هکتار منگنز مصرف شد. حداکثر عملکرد دانه به مقدار ۳۸۵۲ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۴۰ کیلوگرم روی، ۵۰کیلوگرم آهن و ۴۰ کیلوگرم منگنزدر هکتار به‌دست آمد. از طرف دیگر با مصرف ۴۰، ۵۰ و ۲۰ کیلوگرم به‌ترتیب از این عناصر میزان عملکرد بیولوژیکی به بالاترین حد یعنی ۸۴۳۰ کیلوگرم در هکتار رسید.

معادلات رگرسیونی زیر ارتباط بین کاربرد سطوح مختلف روی، آهن و منگنز را با غلظت این عناصر در برگ‌ها و دانه‌ها نشان می‌دهد. در این معادلات y غلظت روی، آهن و منگنز در برگ و دانه و x سطوح مختلف کاربرد این عناصر می‌باشد.

برگ r^2 =۰/۶۷
دانه r^2 =۰/۹۲
برگ r^2=۰/۳۶
دانه r^2=۰/۹۹
برگ r^2=۰/۷۰
دانه r^2=۰/۹۷

$$Y_{Zn}=۱۶/۱۷۸+۰/۰۶۸X_{Zn}+۰/۰۰۴(X_{Zn})^2$$
$$Y_{Zn}=۲۴/۱۹۰+۰/۳۰X_{Zn}+۰/۰۰۳(X_{Zn})^2$$
$$Y_{Fe}=۹۸/۲۳+۲/۴۵X_{Fe}-۰/۰۴۲(X_{Fe})^2$$
$$Y_{Fe}=۴۳/۹۸+۱/۸۶X_{Fe}-۰/۰۳(X_{Fe})^2$$
$$Y_{Mn}=۳۴/۱۴+۰/۷۷X_{Mn}-۰/۰۰۶(X_{Mn})^2$$
$$Y_{Mn}=۲۱/۷۸-۰/۰۳X_{Mn}+۰/۰۲(X_{Mn})^2$$

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با مصرف روی عملکرد دانه افزایش یافت و حداکثر عملکرد با مصرف ۴۰ کیلوگرم روی در هکتار به‌دست آمد که نشان‌دهنده میزان تأثیر این عنصر بر تولید می‌باشد. نتایج Heitholt *et al* (2002) حاکی از آن است که با مصرف ۸ ppm روی نسبت به شاهد، عملکرد دانه در بوته تا حدود دو برابر افزایش می‌یابد. همچنین تحقیقات آنان نشان می‌دهد که مصرف ۴۰ppm منگنز می‌تواند عملکرد دانه را به میزان چشمگیری افزایش دهد. نتایج این آزمایش همچنین با نتایج Abdolsalam *et al* (1994) مطابقت دارد.

افزایش میزان مصرف آهن از ۲۵ به ۵۰ کیلوگرم در هکتار از یک طرف نتوانست تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته باشد و از طرف دیگر مانع جذب روی و منگنز گردید. Alam *et al* (2000) گزارش دادند که بین آهن و منگنز یک ارتباط منفی وجود دارد به‌طوری که با افزایش و یا کاهش یکی در گیاه غلظت دیگری به ترتیب کاهش و یا افزایش می‌یابد، این درحالی است که Sanchez-Raya *et al* (1974) بیان کردند که چنانچه آهن به مقدار کمی استفاده شود می‌تواند جذب و انتقال منگنز را افزایش دهد. Chinnery & Harding (1980) بر رابطه آنتاگونیستی بین منگنز و آهن تاکید داشته اند. آنان گزارش دادند که غلظت منگنز در اندام‌های هوایی گیاه سویا با افزایش غلظت آهن کاهش می‌یابد. کاربرد منگنز تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار توانست بر جذب روی و افزایش غلظت آن در برگ اثر مطلوبی داشته باشد. Alloway *et al* (2004) بیان نمود که انتقال روی از ریشه به سایر قسمت‌های گیاه با مصرف منگنز افزایش می‌یابد. از طرفی بالابودن غلظت منگنز و آهن در خاک می‌تواند از جذب روی در خاک جلوگیری نماید. درمصرف ۴۰ کیلوگرم

Archive of SID
www.SID.ir

منگنز عملکرد افزایش چشمگیری نشان نداد و اختلافات از نظر آماری معنی‌دار نبود. براساس گزارش Mandal *et al* (2000) غلظت‌های بالایی از Fe^{+2} و Mn^{+2} در محلول خاک می‌تواند اثر آنتاگونیستی بر روی جذب عنصر روی داشته باشد. همچنین گزارشات آن‌ها حاکی از آن است که غلظت‌های بالایی از آهن و منگنز در محلول خاک می‌تواند اثرات منفی بر جذب عنصر روی داشته باشد. در این آزمایش با مصرف روی و منگنز عملکرد بیولوژیکی و وزن خشک بوته همجنان افزایش یافت که این مسأله در خصوص آهن صادق نبود. مطالعات انجام شده توسط Fageria *et al* (2002) نشان داد که کاربرد منگنز به‌طور معنی‌داری سبب افزایش میزان ماده خشک تولیدی در گیاهی مانند ذرت می‌گردد. Ghasemi-fasaei *et al* (2003) در آزمایش خود مشاهده نمودند که بکاربردن کودهای آهن‌دار می‌تواند سبب افزایش عملکرد ماده خشک چهار ژنوتیپ سویا گردد. این درحالی است که اثرات آن بر سایر ژنوتیپ‌ها بسیار متفاوت بود. ارتباط بین غلظت عناصر روی، آهن و منگنز در برگ با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بسیار واضح است. به‌طوری‌که نتایج نشان دادند که افزایش غلظت این عناصر در برگ سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی شده است. در این آزمایش مصرف روی سبب کاهش غلظت آهن در برگ و دانه سویا گردید. اما میزان کاهش غلظت آهن در دانه کمتر از کاهش غلظت این عنصردر برگ بود. بنابراین به‌نظر می‌رسد که روی به انتقال آهن از برگ به دانه‌ها کمک می‌کند. کاربرد روی سبب افزایش غلظت این عنصر در دانه‌ها بیش از برگ‌ها شد. مصرف آهن تا ۲۵ کیلوگرم سبب افزایش غلظت این عنصر در برگ‌ها و دانه گردید اما مصرف بیشتر آن تأثیر چندانی بر غلظت آهن در این دو اندام گیاهی نداشت. کاربرد منگنز نیز موجب افزایش غلظت این عنصر در برگ‌ها و دانه گردید. کاربرد منگنز بیشتر برروی غلظت این عنصر در دانه موثر بود تا برگ و غلظت منگنز در دانه بیش از برگ‌ها افزایش یافت.

اثر عناصر کم مصرف از گذشته موردتوجه محققین بوده و تحقیقات گسترده‌ای در این خصوص صورت گرفته است اما دراین آزمایشات کمتر اثر سه عنصر روی، آهن و منگنز به‌صورت همزمان و در شرایط مزرعه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد عناصر خاصی می‌تواند غلظت آن عنصر را در اندام‌های گیاهی افزایش داده و عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی نیز تحت‌تأثیر قرار دهد. در نتایج این آزمایش اثرات آنتاگونیستی آهن و منگنز که مکرراً در آزمایشات قبلی مورد تأکید قرار گرفته در شرایط اقلیمی منطقه آزمایش نیز تکرار شد. زمانی که آهن به میزان بیشتر از ۲۵ کیلوگرم در هکتار مصرف شد اثرات آنتاگونیستی آن با منگنز شدت بیشتری یافت. در این آزمایش میزان بازدارندگی منگنز از جذب آهن به مراتب بیشتر از میزان بازدارندگی آهن از جذب منگنز بود. مصرف منگنز به مقدار زیادی مانع جذب آهن گردید. کاربرد منگنز تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار اثر کمی بر جذب آهن داشت اما افزایش مصرف آن موجب کاهش بیشتر غلظت آهن در برگ‌ها و دانه‌ها شد. روی به مقدار بسیار کم سبب کاهش غلظت منگنز در برگ و دانه گردید. به‌نظر می‌رسد غلظت‌های زیاد روی در خاک می‌تواند مانع جذب منگنز توسط سویا گردد. همچنین کاربرد آهن نیز نتوانست بر غلظت روی در برگ‌ها تأثیر بگذارد این درحالی است که کاربرد آهن تا ۲۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر چندانی بر غلظت روی در دانه نداشت اما مصرف بیشتر آهن سبب کاهش غلظت روی در دانه‌ها گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		غلظت عناصر در برگ			غلظت عناصر در دانه					
		روی	آهن	منگنز	روی	آهن	منگنز	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	وزن خشک کل بوته
تکرار	۲	۰/۷۸	۸۳/۸۱	۱۹۴/۴۶	۱۰/۲۰	۱۱/۳۰	۱/۴۱	۵۹۳۲۵/۱۴	۲۹۲۷۲/۸۶	۰/۱۱
روی	۲	۵۹۸/۷۵**	۱۰۰۸۰/۰۴**	۷۴/۳۶^{ns}	۱۹۲۰/۴۹**	۲۹۵/۲۸**	۱۵۰/۷۳**	۱۱۵۶۴۴۶/۱۱**	۲۵۱۱۲۸۷/۵۱**	۱۹/۳۱**
آهن	۲	۱۳/۵۴^{ns}	۸۱۸۵/۰۸**	۴۱۳/۷۵*	۳۴/۳۸*	۴۹۰۷/۵۲**	۴۱/۶۵**	۱۲۳۱۹۲۵/۲۷**	۳۹۱۴۸۹۸/۲۶**	۲۲۹/۹۳**
روی × آهن	۴	۴۹/۲۵*	۷۶۸/۵۲^{ns}	۶۹/۸۰^{ns}	۲۵/۵۶*	۴۵/۹۹**	۱۸/۴۴**	۱۹۷۵۵۹/۲۵^{ns}	۲۴۰۴۱۳/۹۹**	۱۱/۳۴**
منگنز	۲	۶/۹۳^{ns}	۸۴۷/۸۳^{ns}	۲۹۹۱/۱۹**	۶/۲۰^{ns}	۳۶/۴۵**	۱۹۵۰/۴۳**	۶۱۸۷۸۲۱/۷۵**	۲۶۰۸۳۸۳۸/۳۰**	۵۰/۵۶**
روی × منگنز	۴	۲۰/۳۶^{ns}	۱۳۸/۶۶^{ns}	۹۷/۹۱^{ns}	۵/۵۹^{ns}	۱۵/۶۹*	۵۷/۰۲**	۴۴۸۸۴۶/۹۹**	۱۸۸۵۹۶۷/۰۲**	۲/۷۵*
آهن × منگنز	۴	۵/۱۱^{ns}	۶۱/۷۹^{ns}	۷۲/۳۵^{ns}	۲۳/۲۷^{ns}	۲۸/۱۰**	۲۱/۷۰**	۳۷۶۲۱/۷۹^{ns}	۱۵۴۷۶۵/۳۴**	۰/۶۸^{ns}
روی×آهن ×منگنز	۸	۲۵/۹۵^{ns}	۳۵۱/۴۶^{ns}	۷۵/۱۳^{ns}	۴/۸۲^{ns}	۸/۵۵^{ns}	۹/۲۳*	۶۷۱۷۷/۱۳^{ns}	۱۵۸۷۹۰/۹۷**	۲/۲۹*
خطا	۵۲	۱۳/۵۲	۳۲۲/۴۴	۹۴/۳۰	۷/۰۴	۵/۱۵	۳/۶۳	۱۱۱۸۴۴/۵۹	۳۴۲۴۰/۰۷	۰/۹۳
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۵/۱۷	۱۵/۵۶	۱۹/۳۸	۸/۲۵	۳/۹۲	۴/۹۶	۱۰/۵۲	۸/۶۶	۸/۲۰

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرساده روی، آهن و منگنز برصفات اندازه‌گیری‌شده به روش LSD درسطح احتمال ۵ درصد

عامل آزمایشی	میزان کود (kg/ha)	غلظت عنصر دربرگ (mg/kg)			غلظت عنصر در دانه (mg/kg)			عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی (kg/ha)	وزن خشک کل بوته (gr)
		روی	آهن	منگنز	روی	آهن	منگنز			
میانگین										
روی	۰	۱۶/۱۸c	۱۳۷/۶۰a	۴۶/۶۷a	۲۴/۲۰c	۶۱/۲۴a	۴۱/۰۰a	۳۰۱۷b	۷۱۲۷b	۲۱/۱۴b
	۲۰	۱۹/۱۳b	۱۰۶/۴۰b	۴۳/۵۳a	۳۱/۳۷b	۵۷/۷۷b	۳۸/۰۲b	۳۱۰۵b	۷۲۲۸b	۲۲/۶۹a
	۴۰	۲۵/۴۰a	۱۰۲/۳۰b	۴۶/۰۳a	۴۱/۰۰a	۵۴/۶۳c	۳۶/۳۲c	۳۴۱۱a	۷۶۹۹a	۲۲/۳۳a
آهن	۰	۲۰/۹۸a	۹۸/۲۳c	۴۹/۸۳a	۳۲/۹۵a	۴۳/۹۹c	۳۹/۸۲a	۲۹۳۱b	۶۹۱۲b	۱۹/۷۷c
	۲۵	۱۹/۵۷a	۱۳۳/۰۰a	۴۴/۰۰b	۳۲/۷۲a	۷۰/۹۱a	۳۸/۱۳b	۳۲۹۵a	۷۵۵۶a	۲۳/۷۰b
	۵۰	۲۰/۱۷a	۱۱۵/۱۰b	۴۲/۳۹b	۳۰/۸۹b	۵۸/۷۴b	۳۷/۴۰b	۳۳۰۸a	۷۵۸۶a	۲۵/۴۸a
منگنز	۰	۲۰/۶۹a	۱۱۷/۵۰ab	۳۴/۱۴c	۳۲/۵۰a	۵۹/۲۲a	۲۱/۷۸c	۲۶۲۷b	۶۲۱۹c	۲۱/۴۲b
	۲۰	۲۰/۳۳a	۱۱۹/۷۰a	۴۷/۰۹b	۳۲/۴۳a	۵۷/۲۶b	۳۱/۴۹b	۳۴۱۴a	۷۸۵۸b	۲۳/۵۸a
	۴۰	۱۹/۶۹a	۱۰۹/۱۰b	۵۴/۹۹a	۳۱/۶۴a	۵۷/۱۷b	۶۲/۰۹a	۳۴۹۳a	۷۹۷۷a	۲۳/۹۶a

اعدادی که درهرستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار درسطح ۵ درصد می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه روی، آهن و منگنز بر غلظت این عناصر در برگ و دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن خشک کل بوته به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد

ردیف	تیمارکودی (kg/ha)			برگ			دانه			عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	وزن خشک
	روی	آهن	منگنز	غلظت روی mg/kg	غلظت آهن mg/kg	غلظت منگنز mg/kg	غلظت روی mg/kg	غلظت آهن mg/kg	غلظت منگنز mg/kg	(kg/ha)	(kg/ha)	کل بوته(gr)
۱	۰	۰	۰	۱۵/۶۰ ijk	۱۲۲/۸۰ bcdef	۳۹/۷۰ cdefg	۲۷/۶۰ fg	۴۷/۹۰ jk	۲۳/40 jk	۲۳۷۱ g	۵۵۲۵ op	۱۸/۱۱m
۲	۰	۰	۲۰	۱۴/۲۰ k	۱۱۲/۳۰ cdefgh	۵۰/۲۰ bcd	۲۵/۲۷ gh	۴۳/۶۰ l	۳۳/۷۰ ef	۲۹۷۳ def	۶۸۸۳ klm	۲۱/۲۳ijk
۳	۰	۰	۴۰	۱۳/۵۰ k	۱۱۰/۷۰ cdefghi	۵۷/۲۰ b	۲۵/۵۰ gh	۴۴/۵۰ kl	۷۰/۷۰ a	۳۰۸۵ def	۷۱۲۰ k	۲۱/۷۲hij
۴	۰	۲۵	۰	۱۷/۴۰ ghijk	۱۴۹/۲۰ ab	۳۸/۹۰ cdefg	۲۴/۹۰ ghi	۷۸/۳۰ a	۲۵/۰۰ ij	۲۸۲۶ efg	۶۹۹۲ kl	۲۳/۴۱efg
۵	۰	۲۵	۲۰	۱۷/۵۰ ghijk	۱۴۷/۳۰ ab	۴۲/۴۰ bcdef	۲۵/۵۰ gh	۷۲/۸۰ b	۳۱/۹۰ efg	۳۲۱۱ cde	۷۵۳۰ j	۲۳/۹۷def
۶	۰	۲۵	۴۰	۱۳/۵۰ k	۱۵۷/۲۰ a	۵۷/۹۰ ab	۲۶/۱۰ g	۷۲/۵۰ b	۶۵/۲۰ b	۳۲۸۶ bcde	۷۸۷۳ fghi	۲۳/۹۵def
۷	۰	۵۰	۰	۲۱/۲۰ defghi	۱۴۸/۹۰ ab	۳۸/۲۰ cdefg	۲۰/۷۰ i	۶۶/۳۰ cd	۱۷/۹۰ m	۲۸۳۰ efg	۶۷۶۱ lmn	۲۷/۶۱a
۸	۰	۵۰	۲۰	۱۴/۵۰ jk	۱۵۵/۲۰ a	۴۴/۳۳ bcdef	۲۱/۵۰ hi	۶۳/۷۰ de	۳۳/۹۰e	۳۲۷۱ bcde	۷۵۷۳ ij	۲۷/۷۲a
۹	۰	۵۰	۴۰	۱۸/۲۰ efghijk	۱۳۴/۹۰ abc	۵۱/۲۰ bc	۲۰/۷۰ i	۶۱/۶۰ ef	۶۴/۳۰ b	۳۳۰۳ bcde	۷۸۸۹ fgh	۲۷/۷۹a
۱۰	۲۰	۰	۰	۱۷/۹۰ fghijk	۹۷/۲۰ fghij	۳۰/۷۰ efg	۳۲/۷۰ e	۴۱/۸۰ l	۲۵/۰۰ij	۱۶۳۱ h	۵۲۲۵ p	۱۸/۲۵m
۱۱	۲۰	۰	۲۰	۲۱/۴۰ defghi	۱۰۲/۶۰ defghij	۵۶/۳۰ b	۲۸/۶۰ efg	۴۳/۶۰ l	۳۳/۵۰ ef	۳۰۱۱ def	۷۶۲۰ hij	۲۰/۱۰kl
۱۲	۲۰	۰	۴۰	۲۳/۹۰ cdef	۹۱/۳۰ hij	۵۳/۱۳ bc	۳۰/۷۰ ef	۴۳/۹۰ l	۶۰/۲۰ cd	۳۳۷۲ abcde	۷۷۲۸ ghij	۲۱/۱۲ijk
۱۳	۲۰	۲۵	۰	۱۷/۱۰ hijk	۱۲۵/۴۰ bcdef	۳۷/۸۰ cdefg	۳۱/۶۰ ef	۷۲/۹۰ b	۲۱/۲۰ kl	۲۵۶۳ fg	۵۶۶۳ o	۲۱/۶۰hijk
۱۴	۲۰	۲۵	۲۰	۱۶/۲۰ hijk	۱۳۵/۲۰ abc	۴۲/۹۰ bcdef	۳۲/۷۰ e	۶۸/۳۰ c	۳۰/۶۰ fg	۳۶۸۱ abc	۸۱۳۵ cdef	۲۵/۴۲bcd
۱۵	۲۰	۲۵	۴۰	۱۷/۳۰ ghijk	۱۲۱/۹۰ bcdefg	۵۱/۰۳ bc	۳۰/۵۰ ef	۷۳/۸۰ b	۵۸/۲۰ d	۳۶۹۲ abc	۸۰۸۱ def	۲۵/۹۴b
۱۶	۲۰	۵۰	۰	۱۹/۱۰defghijk	۱۱۰/۷۰ cdefghi	۲۵/۹۰ g	۳۱/۲۰ ef	۶۱/۴۰ ef	۱۸/۷۰ lm	۲۶۱۰ fg	۵۷۰۴ o	۲۱/۸۵ghi
۱۷	۲۰	۵۰	۲۰	۲۰/۴۰ defghij	۹۲/۶۰ ghij	۴۳/۸۰ bcdef	۳۱/۸۰ ef	۵۸/۵۰ fg	۳۲/۵۰ ef	۳۶۸۵ abc	۸۶۸۷ a	۲۴/۷۳bcde

اعدادی که درهرستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار درسطح ۵ درصد می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۳

ردیف	تیمارکودی (kg/ha)			برگ				دانه				عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد بیولوژیکی (kg/ha)	وزن خشک کل بوته(gr)
	روی	آهن	منگنز	غلظت روی mg/kg	غلظت آهن mg/kg	غلظت منگنز mg/kg	غلظت روی mg/kg	غلظت آهن mg/kg	غلظت منگنز mg/kg					
۱۸	۲۰	۵۰	۴۰	۱۸/۹۰ defghijk	۸۰/۵۰ j	۵۰/۲۰ bcd	۳۲/۵۰ e	۵۵/۷۰ gh	۶۲/۳۰ bc			۳۶۹۹ abc	۸۲۱۲ bcde	۲۵/۱۸bcd
۱۹	۴۰	۰	۰	۳۰/۰۰ ab	۷۵/۲۰ j	۳۵/۱۰ defg	۴۳/۶۰ ab	۴۲/۷۰ l	۲۴/۶۰ ij			۲۹۶۶ def	۶۶۰۹ mn	۱۸/۱۷m
۲۰	۴۰	۰	۲۰	۳۰/۲۰ a	۸۹/۴۰ hij	۵۲/۴۰ bc	۴۰/۱۰ bcd	۴۲/۵۰ l	۳۰/۷۰ fg			۳۴۷۱ abcd	۷۴۹۵ j	۱۹/۱۲lm
۲۱	۴۰	۰	۴۰	۲۱/۱۰ defgh	۸۲/۶۰ ij	۷۳/۷۷ a	۴۱/۲۰ abcd	۴۵/۴۰ kl	۵۹/۱۰ d			۳۵۰۲ abcd	۸۰۰۳ efg	۲۰/۱۶jkl
۲۲	۴۰	۲۵	۰	۲۴/۷۰ abcd	۱۲۹/۷۰ abcde	۲۹/۲۰ fg	۴۰/۳۰ bcd	۶۸/۳۰ c	۱۹/۶۰ lm			۲۹۸۰ def	۶۹۶۵ kl	۲۰/۸۶ijk
۲۳	۴۰	۲۵	۲۰	۲۴/۵۰ acde	۱۳۱/۲۰ abcd	۴۵/۴۰ bcde	۴۲/۷۰ abc	۶۵/۴۰ cd	۲۷/۳۰ hi			۳۷۷۳ ab	۸۳۷۲ bcd	۲۴/۳۱cdef
۲۴	۴۰	۲۵	۴۰	۲۷/۹۰ abc	۱۰۰/۳۰ efghij	۵۰/۵۰ bcd	۴۰/۲۰ bcd	۶۵/۹۰ cd	۵۸/۷۰ d			۳۶۴۲ abc	۸۳۹۲ abc	۲۳/۸۶def
۲۵	۴۰	۵۰	۰	۲۳/۲۰ cdefg	۹۸/۷۰ fghij	۳۱/۸۰ efg	۳۸/۶۰ cd	۵۳/۴۰ hi	۲۰/۶۰ klm			۲۸۶۵ efg	۶۵۲۳ n	۲۲/۹۲fgh
۲۶	۴۰	۵۰	۲۰	۲۴/۱۰ bcde	۱۱۱/۳۰ cdefghi	۴۶/۱۰ bcde	۴۴/۷۰ a	۵۶/۹۰ gh	۲۹/۳۰ gh			۳۶۵۳ abc	۸۴۳۰ abc	۲۵/۶۰bc
۲۷	۴۰	۵۰	۴۰	۲۱/۹۰cdefgh	۱۰۲/۳۰ defghij	۵۰/۰۰ bcd	۳۷/۳۳ d	۵۱/۲۰ ij	۵۷/۱۰ d			۳۸۵۲ a	۸۴۱۸ab	۲۵/۷۶bc

اعدادی که درهرستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار درسطح ۵ درصد می باشند

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Abdolsalam,A.A., A. H.Ibrahim, and A.H.Elgarhi. 1994. Comparative of application or foliar spray or seed coating to maize on a sand soil. Annals of Agricultural Science Moshthor. 32: 660-673.

Alam,S. S.Kamei, and S.Kawai. 2001. Amelioration of manganese toxicity in barley with iron. Journal of Plant Nutrition. 24: 1421-1433.

Alloway,B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Brussels, Belgium: International Zinc Association.

Bennett,W.F. 1993. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. In: Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants, W. F. Bennett, Ed., 1-7. St. Paul, MN: The APS Press, The American Phytopathological Society.

Cakmak,I., B.Torun, B.Erenoglu, L.Oztuek, H.Marschner, M.Kalayci, H.Ekiz, and A.Yilmaz. 1998. Morphological and physiological differences in the response of cereals to zinc deficiency. Euphytica. 100: 349-357.

Chinnery,L.E., and C.P.Harding. 1980. The effect of ferrous iron on the uptake of manganese by *Juncus effuses*. Ann. Bot. 46: 409-412.

Ducic,T., and A.Dolle. 2005. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. Brazilian J. Plant physiol. 17: 103-112.

Expert,D. 2007. Iron and plant disease. In: Mineral nutrition and plant disease, L. E. Datnoff, W. H. Elmer, and D. M. Huber, EDS., 119-137. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society.

Fageria,N.K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor & Francis Group.

Fageria,N.K. 2001. Response of upland rice, dry bean, corn, and soybean to base saturation in cerrado soil. Rev. Bras. Eng. Agri. Ambien. 5: 416-424.

Fageria,N.K. 2000. Adequate and toxic levels of zinc for rice, common bean, corn, soybean and wheat production in cerrado soil. Rev. Bras. Eng. Agri. Ambien. 4: 390-395.

Fageria,N.K. 1992. Maximizig crop yields. New York: Marcel Dekker.

Fageria,N.K., and V.C.Baligar. 1997. Response of common bean, upland rice, corn, wheat and soybean to soil fertility of an Oxisol. J. Plant Nutrition. 20: 1279-1289.

Fageria,N.K., V.C.Baligar, and R.B.Clark. 2002. Micronutrients in crop production. Adv. Agron. 77: 185-268.

Fageria,N.K., C.M.Guimaraes, and T.A.Portes. 1994. Iron deficiency in upland rice. Lav. Arrozeira 47: 3-5.

Fehr,W.R., and C.E.Caviness. 1977. Stages of soybean development.Spec. Rep. 80. *Iowa State Univ.*, Ames.

Archive of SID

www.SID.ir

Ghasemi-Fasaei,R., A.Ronaghi, M.Maftoun, N.karimian, and P.N.Soltanpour. 2003. Influence of Fe-EDDHA on iron- manganese interaction in soybean genotypes in a calcareous soil. Journal of Plant Nutrition. 26: 1815-1823.

Heitholt,J.J., J.J.Sloan, and C.T.MacKown. 2002. Copper, manganese, and zinc fertilization effects on growth of soybean on a calcareous soil. Journal of Plant Nutrition. 25: 8, 1727-1740.

Imsande,J. 1998. Iron, sulfate, and chlorophyll deficiencies: A need for an integrative approach in plant physiology. Physiology. Physiol. Plant. 103: 139-144.

Lucena,J.J., and R.L.Chaney. 2007. Response of cucumber plants to low doses of different synthetic iron chelates in hydroponics. J. Plant Nutr. 30: 795-809.

Mandal,B., G.C.Hazra, and L.N.Mandal. 2000. Soil management influence on zinc desorption for rice and maize nutrition. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1699-1705.

Marschner,H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd ed. New York: Academic Press.

Rosas,A., Z.Rengel, and M.L.Mora. 2007. Manganese supply and pH influence growth, carboxylate exudation and peroxidase activity of ryegrass and white clover. J. Plant Nutr. 30: 253-270.

Sanchez-Raya,A.J., A.Leal, M.Gomez-Ortega, & L.Recalde. 1974. Effect of iron on the absorption and translocation of manganese. Plant Soil. 41: 429-434.

Archive of SID

www.SID.ir