اثر برهمکنش مقادیر و روش مصرف مس و روی بر خصوصیات گیاهی و پروتئین گندم

محمدرضا بوربوری*[۱] و محمد مهدی طهرانی[۲]

۱) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه، گروه زراعت، ساوه، ایران
۲) موسسه تحقیقات خاک، استادیار خاکشناسی گروه خاک، ساوه، ایران

مقاله با پایان نامه دانشجویی مرتبط است.
* **نویسنده مسئول مکاتبات** m.boorboori@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۶ **تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۲۱**

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عناصر روی و مس بصورت مصرف خاکی و محلول پاشی بر خصوصیات کمی و کیفی گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در آبان ماه سال ۱۳۸۷ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ازاد اسلامی واحد ساوه اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل مصرف روی (با سطوح مصرفی۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به صورت مصرف خاکی و محلولپاشی با محلول ۰ و ۲ در هزار کلات EDTA روی) و مصرف مس (با سطوح مصرفی۰، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم به صورت مصرف خاکی و محلولپاشی با محلول ۰ و ۲ در هزار کلات EDTA مس) به انضمام ترکیبی از تمام سطوح کودی فوق الذکر اعمال شد. نتایج نشان داد مصرف خاکی کود روی موجب افزایش معنی دار اجزای عملکرد، محتوای جذب روی در دانه و غلظت روی در دانه و اندام هوایی و تعداد پنجه بارور گردید در صورتیکه کاربرد خاکی کود مس موجب افزایش معنی دار اجزای عملکرد، محتوای جذب مس در دانه، غلظت مس در دانه و اندام هوایی شد، همچنین کاربرد عنصر روی بصورت محلولپاشی در مقایسه با شاهد موجب افزایش معنی دار وزن هزار دانه، محتوای جذب روی در دانه، غلظت روی در دانه، غلظت روی در اندام هوایی و عملکرد دانه گردید در صورتیکه کاربرد عنصر مس بصورت محلولپاشی محتوای جذب مس در دانه، غلظت مس در دانه و غلظت مس در اندام هوایی را افزایش داد. همچنین نتایج نشان داد بین عناصر مس و روی برهمکنش منفی وجود دارد و کاربرد توام مصرف خاکی و محلولپاشی دو عنصر با هم باعث افزایش معنی دار غلظت روی و مس در دانه، محتوای جذب هر دو عنصر در دانه و غلظت روی و مس در اندام هوایی شد. با توجه به نتایج آزمایش پیشنهاد می شود در مزارعی که دارای کمبود عناصر مس و روی هستند حتما از کودهای محتوی این دو عنصر استفاده شود ولی فقط باید این مسئله را در نظر گرفت که استفاده توام این دو عنصر در دُزهای بالا صورت نگیرد چون بر همکنش منفی بین این عناصر وجود دارد.

واژه های کلیدی: روی، گندم، محلول پاشی، مس، مصرف خاکی.

مقدمه

از آنجایی که غلات و از جمله گندم ۷۰ –۶۰ درصد از کالری مصرفی مردم جهان را تأمین می کنند و از طرف دیگر به دلیل بالا بودن آمار مصرف سرانهٔ گندم در ایران، به نظر می رسد برای نیل به خودکفایی در محصولات کشاورزی به خصوص این گیاه استراتژیک، لازم است میزان عملکرد در واحد سطح افزایش یابد و در این میان نقش عناصر غذایی کم مصرف در افزایش عملکرد و بهبود وضعیت کیفی محصولات کشاورزی اهمیت زیادی دارد (Brar and Sekhon, 1976). تحقیقات نشان داده است که از اراضی زیر کشت گندم کشور، ۲۴ درصد دچار کمبود شدید مس و ۴۰ درصد دچار کمبود شدید روی می باشند (بلالی و ملکوتی، ۱۳۷۹). بنابراین با رفع این کمبود هم قدم مهمی در زمینه افزایش تولید این گیاه استراتژیک برداشته خواهد شد و هم این گیاه که غذای غالب بخش عمده ای از جمعیت ایران را تشکیل می دهد از نظر املاح و مواد مورد نیاز بدن انسان غنی سازی خواهد گردید. تحقیقات نشان داده است که در بین روش های مختلف استفاده از عناصر کم مصرف، تیمار مصرف خاکی+محلول پاشی بهترین نتایج را به بار آورده است (بلالی و همکاران، ۱۳۸۰). پژوهشگران در آزمایشهای خود به این نتیجه رسیدند که کاربرد روی به صورت خاکی و محلول پاشی و کاربرد توام آنها باعث افزایش اجزای عملکرد شده است (Yilmaz *et al*.,1997; Rashid Nan *et al*., 2002، Mohammad *et al*.,1990 Lazim *et al*.,1989 and Ryan, 2004) که احتمالاً به دلیل تأثیر عنصر روی بر کلروفیل برگ و هورمون ایندول استیک اسید (IAA) می باشد، بدین ترتیب که افزایش میزان کلروفیل های a و b موجب افزایش میزان فتوسنتز شده که این امر موجب تولید ماده خشک و عملکرد بیشتر می گردد، از طرف دیگر IAA از تخریب کلروفیل جلوگیری می کند و در نتیجه اجزای عملکرد را افزایش می دهد (Hemantaranjan and Grag., 1988, Vankhadeh, 2002). همچنین محققان به تاثیر مثبت عنصر روی بر افزایش درصد پروتئین در دانه پی برده اند (ضیائیان و ملکوتی، ۱۳۷۸، Brar and Sekhon, 1976) و دلیل آن این است که روی به عنوان یک عنصر ساختمانی در RNA پلی‌مراز در سنتز پروتئین‌ها نقش دارد. کاهش میزان پروتئین در گیاهان با کمبود روی نتیجه بالا رفتن میزان تجزیه RNA می‌باشد. میزان بالایی از RNAase در شرایط کمبود روی وجود دارد و همچنین وجود رابطه مشخصی بین کاربرد روی و فعالیت RNAase و میزان پروتئین گزارش شده است (Hemantaranjan and Grag, 1988). از طرف دیگر محققان بر این نکته تاکید دارند که کاربرد روی موجب افزایش این عنصر در دانه و اندام هوایی می گردد (Balali and Malakouti, 2002; Mohammad *et al.,* 1990; Lazim *et al*., 1989 , Nan *et al*., 2002, Ming and Yin, 1992; Brown *et al.*, 1993 Kisiel *et al*., 1998) گزارش کردند که مصرف خاکی مس قبل از کاشت و همچنین به صورت محلول پاشی در مرحله ساقه رفتن منجر به افزایش عملکرد در حدود ۰/۴۵ تا ۰/۹ تن در هکتار شد، که احتمالاً به دلیل تأثیر عنصر مس در سنتز کلروفیل و فعالیتهای فتوسنتزی و

همچنین فعالیت آنزیم های مرتبط با افزایش تولید کربوهیدرات باشد (ضیائیان، ۱۳۸۲). کاربرد مس به صورت خاکی و محلول پاشی و کاربرد توام آنها باعث افزایش مس در دانه و اندام هوایی و افزایش عملکرد می گردد (کلانتری زاده، ۱۳۸۸; بلالی و همکاران،۱۳۸۰; لطفالهی، ۱۳۸۲، Bron *et al*., 2003, Brown *et al*., 1993). همچنین گزارش شده است که افزایش سولفات مس باعث افزایش پروتئین دانه می شود (سدری و ملکوتی، ۱۳۷۹). زیرا عنصر مس در فتوسنتز و همچنین در ترکیب پروتئین کلروپلاست نقش دارد که کمبود آن باعث کاهش فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش پروتئین دانه می گردند (ضیائیان، ۱۳۸۲ ;Vankhadeh, 2002). محققان همچنین به برهمکنش منفی بین دو عنصر مس و روی نیز اشاره کرده اند که این پدیده امکان دارد به دلیل رقابت برای اشغال مکانهای حمل‌کننده یکسان صورت گیرد (Tisdale *et al*., 1993، Zhang, 1993).

هدف از انجام این آزمایش ضمن بررسی میزان توانایی جذب عناصر کم مصرف روی و مس توسط اندام های مختلف گیاه گندم، تاثیر کاربرد سطوح مختلف این عناصر و اثر متقابل بین آنها بر میزان عملکرد کیفی و کمی این گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف عناصر روی و مس بر خصوصیات کمی و کیفی گندم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد ساوه واقع در یک کیلومتری شمال غرب شهرستان ساوه (۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی، ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه طول جغرافیایی شرقی، با ارتفاع ۱۱۰۸ متر از سطح دریا) و در ۱۳۸ گلدان های ۴ کیلوگرمی به اجرا در آمد. تیمارهای این تحقیق عبارت بودند از مصرف روی (۰، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم روی خالص در کیلوگرم خاک به صورت مصرف خاکی و محلولپاشی با محلول ۰ و ۲ در هزار کلات EDTA روی) و مصرف مس (۰، ۲/۵ و ۵ میلی‌گرم مس خالص در کیلوگرم خاک به صورت مصرف خاکی و محلول پاشی با محلول ۰ و ۲ در هزار کلات EDTA مس) بود. پیش از انجام آزمایش نمونه مرکبی از خاک تهیه شد که نتایج آن در جدول ۱ ذکر شده است و پس از خشک شدن در هوا و غربال توسط الک دو میلی متری، مقدار روی و مس قابل استفاده خاک به وسیله DTPA استخراج و با دستگاه جذب اتمی قرائت شد (Lindsy and Norvel, 1978). نیتروژن موجود در خاک با روش کجلدال (Mremner and Mulvaney, 1982) و مواد آلی با استفاده از روش اکسیداسیون تر مورد اندازه گیری قرار گرفت (Nelson and Sommers, 1982). فسفر قابل عصاره گیری خاک با استفاده از روش اولسن (بی کربنات سدیم ۰/۵ نرمال با pH ۸/۲) و رنگ سنجی تعیین شد (Olsen and Sommers, 1982).

پتاسیم قابل عصاره گیری خاک بوسیله محلول استات آمونیوم (۱ نرمال) و روش شعله سنجی اندازه گیری شد (Mohammad *et al*., 1990). pH خاک ۷/۲۵ بود (جدول ۱). محلول‌پاشی در مرحله پنجه‌زنی(Gs۲۰)، ساقه رفتن (Gs۳۱) و سنبله رفتن (Gs۵۰) نورمحمدی و همکاران در سال ۱۳۸۰ بصورت اسپری کردن محلول ۲ در هزار کلات EDTA مس و روی بر روی اندام هوایی گیاهان انجام شد. به منظور جبران کمبود مواد غذایی برای هر گلدان ۱۶۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به صورت اوره در سه نوبت (۸۰ میلی‌گرم قبل از کشت و ۴۰ میلی‌گرم در مرحله پنجه زنی و ۴۰ میلی‌گرم در مرحله ساقه رفتن) در نظر گرفته شد. با توجه به آزمون خاک، فسفر و پتاسیم از منابع سوپر فسفات تریپل (به میزان ۲۰ میلی گرم در هر کیلو گرم خاک گلدان) و سولفات پتاسیم (به میزان ۱۰ میلی گرم در هر کیلو گرم خاک گلدان) قبل از کشت به خاک هر گلدان اضافه شد. کشت بذور در نیمه اول آبان ماه صورت گرفت و در داخل هر گلدان تعداد ۱۰ بذر گندم رقم پیشتاز (*Tritium aestivum* L.) کشت گردید و پس از ۱۰ روز تعداد بوته ها به ۴ عدد کاهش داده شد. گلدانها در داخل گلخانه و در محیط کنترل شده از لحاظ دما (۳±۲۵ درجه سانتی گراد در طول روز و ۳±۱۷ درجه سانتی گراد در طول شب) نگهداری شدند و بوته ها در شرایط طبیعی از لحاظ طول روز رشد نمودند. در طول مدت آزمایش با توزین گلدانها و استفاده از آب ، رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه‌ای نگهداشته شد. پس از رسیدن محصول، گیاهان از محل طوقه قطع شدند. نمونه‌های سنبله و ساقه هر گلدان پس از شستشو با آب، در آون در دمای ۶۵ درجه‌سانتی‌گراد خشک گردیدند. برای اندازه‌گیری غلظت و محتوای جذب عنصر روی و مس در کاه و دانه گندم نمونه‌ها آسیاب شدند و به روش خاکستر خشک به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (Lindsy and Norvel, 1978). درصد پروتئین دانه گندم به روش کجلدال اندازه گیری گردید (Mremner and Mulvaney, 1982). پس از انجام آزمایشات اطلاعات گرد آوری شده توسط نرم افزار SAS از لحاظ آماری تجزیه و تحلیل گردید و رسم جداول نیز با نرم افزار Excel انجام گرفت.

جدول ۱ : نتایج تجزیه شیمیایی خاک مورد آزمایش

EC dS/m	pH	آهک ٪	رس ٪	کربن آلی ٪	CEC $mmol^{+}/Kg$	پتاسیم	فسفر	روی	مس
						میلی گرم در کیلوگرم خاک			
۱/۵	۷/۲۵	۱۱/۲	۲۹	۰/۴۸	۱۸/۲	۶۵	۶/۳	۰/۵۰	۰/۳۹

نتایج و بحث

با توجه به نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس جدول ۲، اثرات کاربرد خاکی عنصر روی و مس در سطح احتمال ۱ درصد و محلولپاشی عنصر روی در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد دانه معنی دار بود، در حالیکه محلولپاشی با عنصر مس اثر معنی داری بر عملکرد دانه نشان نداد. مقایسه میانگین ها جداول ۳ و ۴ نشان داد که کاربرد خاکی و محلول پاشی عنصر روی باعث افزایش میزان عملکرد دانه شده است که نتایج تحقیقات سایرین نیز این نتیجه را تایید می کنند. مقایسه میانگین ها (جدول ۵) نشان داد که کاربرد خاکی عنصر مس باعث افزایش میزان عملکرد دانه شده است که تیمار Cu5 افزایشی ۱۲ درصدی را نسبت به شاهد نشان میدهد. تجزیه واریانس جدول ۲ نشان می دهد که اثرات متقابل فاکتورها اثر معنی داری را بر عملکرد دانه نداشته است.

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس جدول ۲، اثرات کاربرد خاکی عناصر روی و مس بر وزن هزار دانه گیاه گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود، در حالیکه محلولپاشی با عناصر روی و مس اثر معنی داری بر وزن هزار دانه گندم نشان نداد. نتایج بدست آمده از این تحقیق جداول ۳و۴ اثر مثبت کاربرد خاکی عنصر روی را بر افزایش وزن هزار دانه گزارش کرده اند که تیمار Zn 10 افزایشی ۱۵ درصدی را نسبت به شاهد نشان می دهد.

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول تجزیه واریانس جدول ۲، اثرات کاربرد خاکی عناصر روی و مس بر تعداد دانه در سنبله گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود، در حالیکه محلولپاشی با عناصر روی و مس اثر معنی داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت. مقایسه میانگین جداول ۳ و ۴ نشان می دهد که کاربرد خاکی عنصر روی بر افزایش تعداد دانه در سنبله اثری مثبت داشته است که این افزایش در تیمار Zn 10 نسبت به شاهد به میزان ۱۱ درصد می باشد.

کاربرد خاکی روی بر تعداد پنجه بارور در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). بررسی جداول مقایسه میانگین نشان می دهد که کاربرد خاکی و محلول پاشی عنصر روی بر افزایش تعداد پنجه بارور اثر مثبت داشته است که در مورد کاربرد خاکی روی بیشترین تعداد پنجه بارور در تیمار Zn 10 مشاهده گردید (جداول ۳ و ۴).

با توجه به نتایج به دست آمده در جدول تجزیه واریانس جدول ۲، اثرات مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی و مصرف خاکی عنصر مس و همچنین کاربرد توام تمامی این کودها بر غلظت و محتوای جذب عنصر روی در دانه گیاه گندم در سطح ۱ درصد معنی دار بوده اند، در حالیکه محلول پاشی عنصر مس بر غلظت روی در دانه در سطح ۵ درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین ها جداول۳و۴ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی بر افزایش غلظت و محتوای جذب عنصر روی در دانه مثبت بوده است، مقایسه میانگین ها جداول ۵ و ۶ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس افزایش غلظت و محتوای جذب عنصر روی در دانه اثر منفی داشته است. کاربرد توام تمامی این کودها، غلظت و محتوای جذب

عنصر روی در دانه را افزایش می دهد و اما بیشترین افزایش در تیمار Zn10 Cu0 Zn0 Cu0 مشاهده گردید که افزایشی ۵۵ درصدی را نسبت به شاهد نشان می دهد (جدول۷).

اثرات مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی و مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس و همینطور کاربرد توام تمامی این کودها بر غلظت و محتوای جذب عنصر مس در دانه گیاه گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ها جداول ۳و۴ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی بر افزایش غلظت و محتوای جذب عنصر مس در دانه اثر منفی داشته است. مقایسه میانگین ها جداول ۵ و ۶ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس بر افزایش غلظت و محتوای جذب عنصر مس در دانه اثر مثبت داشته است و به طور مثال غلظت عنصر مس در تیمار Cu5 نسبت به تیمار شاهد افزایشی ۴۰ درصدی را نشان می دهد. بررسی مقایسه میانگین ها در مورد کاربرد توام این کودها جدول۷ نشان می دهد که غلظت و محتوای مس در دانه افزایش پیدا کرده است و بیشترین افزایش غلظت مس در دانه در تیمار Zn0 Cu5 Zn0 Cu2 بوده است که نسبت به شاهد افزایشی ۵۶ درصدی را نشان می دهد و بیشترین افزایش محتوای جذب مس در دانه در تیمار Zn10 Cu5 Zn0 Cu2 مشاهده گردید که افزایشی ۶۲ درصدی را نسبت به شاهد نشان می دهد.

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس جدول ۲، اثرات مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی و مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس و همچنین کاربرد توام تمامی این کودها بر غلظت روی در اندام هوایی گیاه گندم در سطح ۱ درصد معنی دار بوده اند. بررسی مقایسه میانگین ها جداول ۳و۴ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی بر افزایش غلظت روی در اندام هوایی مثبت بوده است. بررسی مقایسه میانگین ها جدول۶ نشان می دهد که کاربرد توام تمامی این کودها غلظت روی در اندام هوایی را افزایش داده است اما بیشترین افزایش در تیمار Zn10 Cu0 Zn2 Cu0 مشاهده گردید که افزایشی ۳۷ درصدی را نسبت به شاهد نشان می دهد.

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس جدول ۲، اثرات مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی و مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس و کاربرد توام تمامی این کودها بر غلظت مس در اندام هوایی گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بوده اند. بررسی مقایسه میانگین ها جداول ۳و۴ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی بر افزایش غلظت مس در اندام هوایی اثر منفی داشته است، به طور مثال در مصرف خاکی عنصر روی تیمار Zn10 کاهشی ۱۶ درصدی را نشان می دهد. بررسی مقایسه میانگین ها جداول ۵ و ۶ نشان می دهد که مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس بر افزایش غلظت مس در اندام هوایی اثر مثبت داشته است. بررسی مقایسه میانگین ها جدول ۷ نشان می دهد که کاربرد توام

تمامی این کودها، بر غلظت مس در اندام هوایی اثر افزایشی است و بیشترین افزایش غلظت مس در اندام هوایی در تیمار Zn0 Cu5 Zn0 Cu2 مشاهده گردید.

در این تحقیق مشخص شد که افزایش میزان سطوح روی و مس چه به صورت خاکی و چه محلول پاشی و کاربرد توام تمامی این کودها باعث افزایش میزان عملکرد گیاه گندم می شود که در این موارد Mohammad و همکاران در سال ۱۹۹۰، Yilmaz و همکاران در سال ۱۹۹۷، Rashid و Ryan در سال ۲۰۰۴ و بلالی و همکاران در سال ۱۳۸۰ گزارش های مشابهی را ارائه دادند، که به احتمال زیاد دلیل این افزایش تأثیر مثبت عنصر روی بر میزان کلروفیل و هورمون ایندول استیک اسید (IAA) (Hemantaranjan and Grag, 1988) و همچنین تأثیر عنصر مس در سنتز کلروفیل و فعالیتهای فتوسنتزی و کربوهیدراتها در گیاه می باشد (ضیائیان، ۱۳۸۲).

همانند نتایج بدست آمده از این تحقیق سایرین نیز اثر مثبت کاربرد خاکی عنصر روی و مس را بر افزایش وزن هزار دانه گزارش کرده اند (Yilmaz *et al*., 1997، Mohammad *et al.,* 1990). که این عامل هم به احتمال زیاد مربوط به تأثیر عنصر روی بر هورمون ایندول استیک اسید (IAA) می باشد (Hemantaranjan and Grag, 1988) و همچنین تأثیر عنصر مس در سنتز کلروفیل و فعالیتهای فتوسنتزی و کربوهیدراتها در گیاه میباشد (ضیائیان، ۱۳۸۲).

Mohammad و همکاران در سال ۱۹۹۰، Yilmaz و همکاران در سال ۱۹۹۷ و Lazim و همکاران در سال ۱۹۸۹در مورد تاثیر عنصر روی و مس بر تعداد دانه در سنبله گندم به نتایج مشابه رسیدند. در مورد تاثیر عنصر روی بر افزایش تعداد دانه در سنبله می توان به این نکته اشاره کرد که این عامل به احتمال زیاد مربوط به تأثیر عنصر روی بر سنتز تریپتوفان که یک پیش‌نیاز تشکیل هورمون ایندول استیک اسید است، می باشد (Hemantaranjan and Grag, 1988).

نتایج مشابه این مطالعه توسط Yilmaz و همکاران در سال ۱۹۹۷ نشان داد که کاربرد تؤام کودهای روی و مس بر افزایش تعداد پنجه در بوته و تعداد پنجه های بارور تأثیر مثبتی داشته است اما هیچ کدام از این افزایش ها بصورت خطی نبوده است، که این مسئله نشان دهنده نقش مثبت عنصر روی در بالا بردن آنزیم های حاوی روی (همانند کربنیک آنهیدراز) که در سوخت و ساز کربوهیدراتها و تأثیر بر صفات مورفولوژیک دخیل هستند، می باشد (Vankhadeh, Grag, 1988 2002, Hemantaranjan and). همینطور نقش مثبت عنصر مس در افزایش تعداد پنجه ها و پنجه های بارور است، به این شکل که این عنصر در گیاه متحرک نیست، از این رو کمبود آن در برگ های جوان تر گیاه مشاهده می شود. با ادامه رشد کمبود شدیدتر شده و در موارد بسیار جدی سنبله تشکیل نمی شود (ضیائیان، ۱۳۸۲).

نتیجه گیری

بر اساس نتیجه این تحقیق غلظت و محتوای جذب عنصر روی در دانه در تمامی تیمارها (به جز کاربرد مس و توام تمامی کودها) حالت افزایش داشته که این افزایش بصورت خطی نبوده است. بیشترین غلظت عنصر روی به طور معمول در تیمارهایی دیده شد که حاوی Zn10 خاکی و یا Zn2 برگی بوده است، در حالیکه مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر مس افزایش غلظت و محتوای جذب عنصر روی در دانه اثر منفی داشته است. این مسائل در کل بیانگر اثر منفی عنصر مس در بالا بردن توان تجمع روی در بخش عملکرد کیفی در این گیاه بوده است (Zhang, 1993, Lazim *et al.*, 1989, Kisiel *et al.*, 1998, Mohammad *et al.,* 1990, Tisdale *et al.*, 1993).

بر اساس نتیجه این تحقیق غلظت و محتوای جذب عنصر مس در دانه در تمامی تیمارها (به جز کاربرد روی و توام تمامی کودها) حالت افزایش داشته که این افزایش بصورت خطی نبوده است. بیشترین غلظت عنصر مس به طور معمول در تیمارهایی دیده شد که حاوی Cu5 خاکی و یا Cu2 برگی بوده است، در حالیکه مصرف خاکی و محلول پاشی عنصر روی افزایش غلظت و محتوای جذب عنصر مس در دانه اثر منفی داشته است. این مسائل در کل بیانگر اثر منفی عنصر روی در بالا بردن توان تجمع مس در بخش عملکرد کیفی در این گیاه بوده است (بلالی و همکاران، ۱۳۸۰ ,Bron *et al*., 2003, Zhang, 1993, Tisdale *et al.*, 1993,).

در این پژوهش این نتیجه حاصل شد که غلظت عنصر روی در اندام هوایی در تمامی تیمارها (به جز کاربرد خاکی مس و برگی مس و توام تمامی کودها) حالت افزایش داشته که این افزایش بصورت خطی نبوده است و بیشترین غلظت عنصر روی در اندام هوایی به طور معمول در تیمارهایی دیده شد که حاوی Zn10 خاکی و یا Zn2 برگی بوده است، در حالیکه غلظت عنصر مس در اندام هوایی در تمامی تیمارها (به جز کاربرد روی و توام تمامی کودها) حالت افزایش داشته که این افزایش بصورت خطی نبوده است و بیشترین غلظت عنصر مس به طور معمول در تیمارهایی دیده شد که حاوی Cu5 خاکی و یا Cu2 برگی بوده است. این کاهش غلظت عناصر در اندام هوایی بیانگر آن است که برهمکنش منفی بین روی و مس در سطوح بالاتر کاربرد اتفاق افتاده است و در سطوح پایین‌تر این اثر وجود نداشته است که این نتایج با نتایج آزمایشات Tisdaleو همکاران در سال ۱۹۹۳، Zhang در سال ۱۹۹۳, Lazim و همکاران در سال ۱۹۸۹، Mohammad و همکاران در سال ۱۹۹۰، ضیائیان در سال ۱۳۸۲ و بلالی و همکاران در سال۱۳۸۰ مشابه می باشد.

نتایج این آزمایش نشان می دهد که هیچکدام از کاربرد خاکی و برگی عناصر مس و روی و اثر متقابل بر درصد پروتئین دانه تاثیر معنی داری نداشت، اما با توجه به این مسئله درصد پروتئین دانه دارای روندی افزایشی بود که البته در زمان استفاده از سطوح بالا، لین دو عنصر بر یکدیگر برهمکنش منفی نشان داده و تاثیر آن را بر کاهش درصد پروتئین دانه به وضوح

می توان دید، که Yilmaz و همکاران در سال ۱۹۹۷ و سدری و ملکوتی در سال ۱۳۷۹ به نکات مشابه اشاره کرده اند. بطور کلی می توان گفت روی به عنوان یک عنصر ساختمانی در RNA پلی‌مراز در سنتز پروتئین‌ها نقش دارد (Grag, 1988 Hemantaranjan and). همچنین عنصر مس در فتوسنتز و همچنین در ترکیب پروتئین کلروپلاست نقش دارد که کمبود آن باعث کاهش فتوسنتز خالص می شود و در نهایت موجب کاهش پروتئین دانه می گردد (ضیائیان، ۱۳۸۲).

با توجه به پاسخ مثبت گیاه گندم از لحاظ عملکرد و اجزاء عملکرد دانه، غلظت و جذب در اندام هوایی و دانه و تأثیر بر درصد پروتئین استفاده از کودهای روی و مس در مزارع گندمی که غلظت این عناصر در خاک آنها کمتر از حد بحرانی است، توصیه می گردد.

نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه، بیشتر به افزایش غلظت روی و مس درخاک واکنش نشان داده و بیشترین عملکرد در بالاترین سطح مصرف روی و مس در خاک حاصل شد. از طرفی بیشترین میزان جذب روی و مس در دانه از طریق مصرف توام خاکی و محلول پاشی روی و مس و در بالاترین سطح مصرف بدست آمد. بنابراین می توان چنین نتیجه گرفت برای افزایش عملکرد کمی دانه گندم بهتر است از روش مصرف خاکی روی و مس استفاده شود ولی برای بالا بردن غلظت روی و مس دانه و افزایش عملکرد کیفی دانه گندم روش مصرف توام خاکی ومحلول پاشی روی و مس پیشنهاد می شود.

نتایج این آزمایش نشان داد که عناصر مس و روی مخصوصا در سطوح بالا دارای برهمکنش منفی می باشند پس باید در میزان کاربرد آنها همراه یکدیگر دقت لازم صورت پذیرد.

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد پنجه بارور	غلظت روی دانه	غلظت مس دانه	محتوای جذب روی دانه	محتوای جذب مس دانه	غلظت روی در اندام هوایی	غلظت مس در اندام هوایی	درصد پروتئین دانه
(b)	۲	۲۸۵/۲۵**	۵۱۹/۴۵**	۴۰۸/۳۶**	۱/۰۳ ns	۵۳/۵۰**	۱۴۱۵/۸۸**	۸۶/۰۰**	۴/۳۸**	۰/۱۱**	۷۴۸۲/۳۳**	۸۲۶/۵۴**	۱/ ۴۴ ns
(c)	۲	۱۷/۶۹**	۱۷/۲۷**	۲۵/۶۹**	۰/۰۶ ns	۰/۰۰۹ ns	۴۲/۲۹**	۹۱۵/۵۶**	۰/۰۷**	۱/۵۵**	۱۵۶۷/۵۸**	۸۷۹۸/۵۷**	۲/۶۹ ns
(d)	۱	۶/۷۵*	۰/۴۵ ns	۴/۴۸ ns	۰/۰۸ ns	۰/۱۴ ns	۹۵/۳۹**	۲۰۲/۸۱**	۰/۱۵**	۰/۳۱**	۱۵۶/۴۸**	۱۹۴۹/۰۵**	۰/۹۲ ns
(e)	۱	۰/۲۳ ns	۰/۰۰۹ ns	۰/۹۲ ns	۲/۰۸ ns	۰ ns	۴/۲۸*	۸۵/۳۳**	۰/۰۰۹ ns	۰/۱۲**	۸۵/۳۳**	۸۲۰/۰۵**	۰ ns
b×c×d×e	۱۶	۰/۷۳ ns	۰/۷۴ ns	۲/۶۳ ns	۰/۴۵ ns	۰/۳۱ ns	۵/۵۲**	۱/۲۵**	۰/۰۱**	۰/۰۰۲**	۲۰/۰۵**	۱۲/۱۰**	۲/۲۸ ns
خطا	۱۲	۱/۰۰	۱/۱۲	۳/۸۹	۰/۵۲	۰/۳۷	۰/۸۳	۰/۵۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۲/۷۸	۴/۸۰	۱/۵۰
ضریب تنوع		۱۱/۶۲	۲/۸۰	۴/۱۰	۱۸/۲۰	۲۰/۲۸	۲/۴۲	۳/۵۲	۳/۹۷	۴/۱۴	۱/۷۷	۳/۸۰	۱۰/۵۲

* : معنی دار در سطح ۱ درصد ، * : معنی دار در سطح ۵ درصد، ns : غیر معنی دار(در جدول بالا b= مصرف خاکی روی، c = مصرف خاکی مس، d= مصرف برگی روی، e= مصرف برگی مس)

جدول۳: مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف خاکی روی در صفات مورد بررسی

مصرف خاکی روی	عملکرد دانه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد پنجه بارور	غلظت روی در دانه (mg/kg)	غلظت مس در دانه (mg/kg)	محتوای جذب روی در دانه (mg/plant)	محتوای جذب مس در دانه (mg/plant)	غلظت روی در اندام هوایی (mg/kg)	غلظت مس در اندام هوایی (mg/kg)	درصد پروتئین دانه
۰	۶/۹۷ b	۳۵/۷۷ b	۲۶/۵۶ b	۳/۸۰ a	۲/۳۰ b	۳۰/۵۲ c	۲۱/۸۰ a	۱/۱۳ c	۰/۸۳ a	۷۹/۸۸ c	۶۳/۰۹ a	۱۱/۸۵ a
۵ mg/kg	۷/۵۵ b	۳۵/۷۹ b	۲۶/۵۹ b	۴/۱۰ a	۲/۳۰ b	۴۱/۱۳ b	۱۹/۳۶ b	۱/۵۵ b	۰/۸۱ b	۹۴/۲۲ b	۵۵/۵۱ b	۱۱/۵۷ a
۱۰ mg/kg	۱۱/۸۸ a	۴۳/۱۵ a	۲۹/۹۴ a	۴/۰۲ a	۲/۳۶ a	۴۱/۶۲ a	۱۸/۹۴ c	۱/۸۳ a	۰/۷۲ c	۱۰۸/۷۲ a	۵۴/۲۲ c	۱۱/۴۶ a

- میانگین های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح ۵ ٪ معنی دار نمی باشد.

جدول۴: مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف برگی روی در صفات مورد بررسی

محلول پاشی روی	عملکرد دانه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد پنجه بارور	غلظت روی در دانه (mg/kg)	غلظت مس در دانه (mg/kg)	محتوای جذب روی در دانه (mg/plant)	محتوای جذب مس در دانه (mg/plant)	غلظت روی در اندام هوایی (mg/kg)	غلظت مس در اندام هوایی (mg/kg)	درصد پروتئین دانه
۰	۸/۳۸ b	۳۷/۷۱ a	۲۷/۵۹ a	۳/۰۶ a	۳/۰۰ a	۳۶/۸۲ b	۲۱/۴۰ a	۱/۴۶ a	۰/۸۴ a	۹۳/۰۷ b	۶۱/۸۶ a	۱۱/۵۴ a
۲ در هزار	۸/۸۸ a	۳۷/۸۴ a	۲۷/۸۲ a	۴/۰۱ a	۳/۰۷ a	۳۸/۷۰ a	۱۸/۶۶ b	۱/۵۴ a	۰/۷۳ b	۹۵/۴۸ a	۵۳/۳۶ b	۱۱/۷۲ a

جدول۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف خاکی مس در صفات مورد بررسی

مصرف خاکی مس	عملکرد دانه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد پنجه بارور	غلظت روی در دانه (mg/kg)	غلظت مس در دانه (mg/kg)	محتوای جذب روی در دانه (mg/plant)	محتوای جذب مس در دانه (mg/plant)	غلظت روی در اندام هوایی (mg/kg)	غلظت مس در اندام هوایی (mg/kg)	درصد پروتئین دانه
۰	۸/۳۰ b	۳۷/۴۶b	۲۷/۳۸ b	۴/۰۰ a	۳/۰۲ a	۳۹/۰۱ a	۱۴/۴۱ c	۱/۵۴ a	۰/۵۶ c	۹۹/۸۰ a	۴۰/۱۹c	۱۱/۳۲ a
۲/۵ mg/kg	۸/۱۶ b	۳۷/۲۹ b	۲۷/۴۶ b	۴/۰۲ a	۳/۰۵ a	۳۷/۰۸ b	۲۱/۵۲ b	۱/۴۵ c	۰/۸۴ b	۹۶/۰۵ b	۶۳/۲۳ b	۱۱/۸۵ a
۵ mg/kg	۹/۴۴ a	۳۸/۵۷ a	۲۸/۲۶a	۳/۹۴ a	۳/۰۲ a	۳۷/۱۹ b	۲۴/۱۶ a	۱/۵۱ b	۰/۹۷ a	۸۶/۹۷ c	۷۰/۴۱ a	۱۱/۷۱ a

جدول۶: مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف برگی مس در صفات مورد بررسی

محلول پاشی مس	عملکرد دانه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در سنبله	تعداد پنجه	تعداد پنجه بارور	غلظت روی در دانه (mg/kg)	غلظت مس در دانه (mg/kg)	محتوای جذب روی در دانه (mg/plant)	محتوای جذب مس در دانه (mg/plant)	غلظت روی در اندام هوایی (mg/kg)	غلظت مس در اندام هوایی (mg/kg)	درصد پروتئین دانه
۰	۸/۵۹ a	۳۷/۷۶ a	۲۷/۶۵ a	۳/۸۵ a	۳/۰۳ a	۳۷/۹۶ a	۱۹/۱۴ b	۱/۵۱ a	۰/۷۶ b	۹۵/۱۶ a	۵۴/۸۵ b	۱۱/۶۳ a
۲ در هزار	۸/۶۸ a	۳۷/۷۸ a	۲۷/۷۵ a	۴/۱۲ a	۳/۰۳ a	۳۷/۵۶ b	۲۰/۹۲ a	۱/۴۹ a	۰/۸۲ a	۹۳/۳۸ b	۶۰/۳۷ a	۱۱/۶۳ a

میانگین های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح ۵ ٪ معنی دار نمی باشد

جدول۷: مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف خاکی روی و مس و برگی روی و مس در صفات مورد بررسی

اثرات متقابل	غلظت روی در دانه (mg/kg)	غلظت مس در دانه (mg/kg)	محتوای جذب روی در دانه (mg/plant)	محتوای جذب مس در دانه (mg/plant)	غلظت روی در اندام هوایی (mg/kg)	غلظت مس در اندام هوایی (mg/kg)
Zn 0 Cu 0 Zn 0 Cu 0	۲۶/۳۳	۱۲/۶۶	۰/۹۰	۰/۴۶	۷۶/۳۳	۳۴/۷۶
Zn 0 Cu 0 Zn 0 Cu 2	۲۹/۶۶	۱۹/۰۰	۱/۱۰	۰/۷۰	۷۹/۳۳	۵۴/۴۰
Zn 0 Cu 0 Zn 2 Cu 0	۳۴/۳۳	۱۶/۰۰	۱/۲۷	۰/۵۹	۹۰/۶۶	۴۵/۱۰
Zn 0 Cu 0 Zn 2 Cu 2	۳۴/۳۳	۱۶/۶۶	۱/۲۹	۰/۶۲	۹۰/۶۶	۴۷/۱۶
Zn 0 Cu 2/5 Zn 0 Cu 0	۲۷/۰۰	۲۴/۰۰	۱/۰۳	۰/۹۲	۷۷/۰۰	۶۹/۹۰
Zn 0 Cu 2/5 Zn 0 Cu 2	۲۹/۶۶	۲۶/۳۳	۱/۱۰	۰/۹۸	۸۰/۳۳	۷۷/۱۳
Zn 0 Cu 2/5 Zn 2 Cu 0	۳۲/۰۰	۲۱/۳۳	۱/۲۰	۰/۸۰	۸۵/۳۳	۶۱/۶۳
Zn 0 Cu 2/5 Zn 2 Cu 2	۳۲/۳۳	۲۱/۰۰	۱/۲۱	۰/۷۹	۸۵/۳۳	۶۰/۶۰
Zn 0 Cu 5 Zn 0 Cu 0	۲۷/۰۰	۲۷/۳۳	۱/۰۰	۱/۰۲	۷۳/۰۰	۸۰/۲۳
Zn 0 Cu 5 Zn 0 Cu 2	۲۹/۰۰	۲۹/۰۰	۱/۰۷	۱/۰۷	۷۳/۳۳	۸۵/۴۰
Zn 0 Cu 5 Zn 2 Cu 0	۳۱/۶۶	۲۴/۰۰	۱/۱۷	۰/۸۸	۷۳/۶۶	۶۹/۹۰
Zn 0 Cu 5 Zn 2 Cu 2	۳۳/۰۰	۲۴/۳۳	۱/۲۱	۰/۸۹	۷۳/۶۶	۷۰/۹۳
Zn 5 Cu 0 Zn 0 Cu 0	۴۰/۶۶	۱۱/۳۳	۱/۵۱	۰/۴۲	۱۰۰/۰۰	۳۰/۶۳
Zn 5 Cu 0 Zn 0 Cu 2	۴۱/۳۳	۱۶/۶۶	۱/۵۹	۰/۶۴	۹۵/۰۰	۴۷/۱۶
Zn 5 Cu 0 Zn 2 Cu 0	۴۶/۳۳	۱۳/۶۶	۱/۷۶	۰/۵۲	۱۰۶/۶۶	۳۷/۸۶
Zn 5 Cu 0 Zn 2 Cu 2	۴۰/۶۶	۱۳/۳۳	۱/۵۵	۰/۵۱	۹۵/۳۳	۳۶/۸۳
Zn 5 Cu 2/5 Zn 0 Cu 0	۴۰/۰۰	۲۰/۳۳	۱/۴۹	۰/۷۵	۹۶/۳۳	۵۸/۵۳
Zn 5 Cu 2/5 Zn 0 Cu 2	۴۰/۳۳	۲۴/۰۰	۱/۴۷	۰/۸۸	۹۷/۳۳	۶۹/۹۰
Zn 5 Cu 2/5 Zn 2 Cu 0	۴۰/۳۳	۱۹/۰۰	۱/۴۷	۰/۶۹	۹۵/۳۳	۵۴/۴۰
Zn 5 Cu 2/5 Zn 2 Cu 2	۴۱/۶۶	۱۹/۳۳	۱/۵۴	۰/۷۱	۹۵/۰۰	۵۵/۴۳
Zn 5 Cu 5 Zn 0 Cu 0	۴۰/۶۶	۲۴/۳۳	۱/۵۴	۰/۹۲	۸۸/۳۳	۷۰/۹۳
Zn 5 Cu 5 Zn 0 Cu 2	۴۰/۳۳	۲۷/۳۳	۱/۵۱	۱/۰۲	۸۷/۳۳	۸۰/۲۳
Zn 5 Cu 5 Zn 2 Cu 0	۴۰/۶۶	۲۱/۶۶	۱/۵۷	۰/۸۳	۸۷/۰۰	۶۲/۶۶
Zn 5 Cu 5 Zn 2 Cu 2	۴۰/۶۶	۲۱/۳۳	۱/۵۴	۰/۸۱	۸۷/۰۰	۶۱/۶۳
Zn 10 Cu 0 Zn 0 Cu 0	۴۷/۳۳	۱۱/۶۶	۲/۰۰	۰/۴۹	۱۲۱/۳۳	۳۱/۶۶
Zn 10 Cu 0 Zn 0 Cu 2	۴۰/۱۶	۱۶/۰۰	۱/۷۱	۰/۶۸	۱۱۰/۰۰	۴۵/۱۰
Zn 10 Cu 0 Zn 2 Cu 0	۴۶/۶۶	۱۲/۶۶	۱/۹۹	۰/۵۴	۱۲۲/۳۳	۳۴/۷۶
Zn 10 Cu 0 Zn 2 Cu 2	۴۰/۳۳	۱۳/۳۳	۱/۷۷	۰/۵۸	۱۱۰/۰۰	۳۶/۸۳
Zn 10 Cu 2/5 Zn 0 Cu 0	۴۰/۰۰	۲۱/۰۰	۱/۷۷	۰/۹۳	۱۰۹/۶۶	۶۰/۶۰
Zn 10 Cu 2/5 Zn □ Cu 2	۴۱/۰۰	۲۳/۶۶	۱/۷۲	۰/۹۹	۱۱۰/۳۳	۶۸/۸۶
Zn 10 Cu 2/5 Zn 2 Cu 0	۴۰/۳۳	۱۹/۳۳	۱/۷۰	۰/۸۱	۱۱۰/۳۳	۵۵/۴۳
Zn 10 Cu 2/5 Zn 2 Cu 2	۴۰/۳۳	۱۹/۰۰	۱/۷۳	۰/۸۱	۱۱۰/۳۳	۵۴/۴۰
Zn 10 Cu 5 Zn 0 Cu 0	۴۱/۰۰	۲۴/۰۰	۱/۸۸	۱/۱۰	۹۹/۶۶	۶۹/۹۰
Zn 10 Cu 5 Zn 0 Cu 2	۴۱/۳۳	۲۶/۶۶	۱/۹۱	۱/۲۳	۱۰۰/۶۶	۷۸/۱۶
Zn 10 Cu 5 Zn 2 Cu 0	۴۱/۰۰	۲۰/۳۳	۱/۹۱	۰/۹۴	۱۰۰/۰۰	۵۸/۵۳
Zn 10 Cu 5 Zn 2 Cu 2	۴۰/۰۰	۱۹/۶۶	۱/۸۵	۰/۹۱	۱۰۰/۰۰	۵۶/۴۶

منابع

- **بلالی، م.ر. و ملکوتی، م.ج.، ۱۳۷۹.** مقایسهٔ روشهای مختلف عناصر کم مصرف و سولفات منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گندم آبی در استانهای مختلف ایران. مجموعه مقالات. نشر آموزش کشاورزی. صفحه ۱۵۲-۱۳۵.
- **بلالی، م، ملکوتی، م.ج.، خادمی، ز. و منوچهری، س.، ۱۳۸۰.** پراکنش عناصر کم مصرف در خاکهای تحت کشت گندم آبی ایران. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران. شهریور ماه، ۱۳۸۰، شهرکرد. ایران.
- **بلالی، م.، ملکوتی، م.ج.، ضیائیان، ع.، خوگر، ز.، فرجنیا، ا.، کلهر، م.، لطف‌اللهی، م.، گلچین، ا.، مجیدی، ع.، قادری، ج.، طلاچی و کاظمی، م.، ۱۳۸۰.** مقایسه روشهای مختلف کاربرد عناصر کم مصرف بر افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم مجله علوم خاک و آب (شماره۲).
- **سدری، م.ح. و ملکوتی، م.ج.، ۱۳۷۹.** بررسی تأثیر مصرف آهن، روی و مس در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی. در: ملکوتی، م. ج. (تدوین کننده). تغذیهٔ متعادل گندم راهی به سوی خودکفایی در کشور و تأمین سلامت جامعه (مجموعه مقالات). نشر آموزش کشاورزی. صفحه ۱۸۹-۱۶۹.
- **ضیائیان، ع. و ملکوتی، م.ج.، ۱۳۷۸.** تأثیر مصرف روی بر رشد و عملکرد گندم در تعدادی از خاکهای شدیداً آهکی استان فارس. مجلهٔ علوم خاک و آب (ویژه نامهٔ گندم). جلد ۱۲. شمارهٔ ۶. صفحه ۱۱۰-۹۹.
- **ضیائیان، ع.، ۱۳۸۲.** استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی. معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی،سازمان تحقیقاتف آموزش و ترویج کشاورزی،وزارت کشاورزی.کرج، ۱۱۸ ص.
- **کلانتری زاده، ک.، ۱۳۸۸.** اثر قارچ میکوریز بر جذب عناصر غذایی کم مصرف(آهن، روی و مس) و پر مصرف (نیتروزن ،فسفروپتاسیم)برخی ارقام آفتابگردان.پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ۱۳۴ص.
- **لطف‌الهی، م.، ۱۳۸۲.** مصرف بهینه کودهای شیمیایی حاوی عناصرکم مصرف و پتاسیم و نقش ان در عملکرد گندم. سومین همایش ملی توسعه کاربرد مواد بیولوژیک واستفاده بهینه ازکود و سم درکشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران. صفحه ۹۳-۸۵.
- **نورمحمدی، ق.، سیادت، ع. و کاشانی، ع.، ۱۳۸۰.** زراعت غلات، چاپ چهارم. صفحه ۱۵- ۱۷. ۴۴۶ ص، تهران، ایران.
- **Balali, M.R. and Malakouti, M.J., 2002.** Effects of different methods of micronutrient application on the uptake of nutrients in wheat grains in 10 provinces. Iranian Journal of *Soil and Water Sciences*, Soil & Water Res. Ins. - Iranian Soc. of *Soil Sci*., 15(2): 1-11, Tehran, Iran.

- **Brar, M.S. and Sekhon, G.S., 1976.** Interaction of zinc whit other micronutrient cations. 1- Effect of copper on zinc 65 absorption by wheat seedling and its translocation within the plant and soil. *Plant and Soil*. 45 (1): 137-143.
- **Bron, J.C., Amblers, J.E., change, R.L. and Foy, C.D., 2003**. Differential response of plant genotype to micronutrients pp.389-418. Inj. J. mortvedt etal.(ed) Micronutrients in a gricalture soil science society of America in corporation, Medison, Wisconsin.
- **Brown, P.H., Cakmak, I. and Zhang, Q., 1993.** Form and function of zinc in plants. pp 93-106. In: A. D. Robson (ed.). Zinc in *Soil and Plants*. Kluwer Academic publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- **Hemantaranjan, A. and Grag, O.K., 1988.** Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *triticum aestivum* L. J. of *Plant Nutri*. 11(6-11): 1439-1450.
- **Kisiel, R.D., Borzacka, D. and Kaliszewicz, D., 1998.** Effect of nitrogen & copper fertilizer application on yield and direct production costs of wheat. Acta Academica Agricultural Technical Olsten sis oconmico 31: 33-45.
- **Lazim, I.T., Mutradha, N.S. and Salih, A.M., 1989.** Wheat (*Triticum aestivum* L.) response to Zn applications and its critical level in soils central part of turkey. J. of Agri and Water Resources-Res. Soil and Water Resources. 8 (1): 81-92.
- **Lindsy, W.L. and Norvel, W.A., 1978.** Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Am. J. 42:421-428.
- **Ming, C. and Yin, C.R., 1992.** Effect of manganese and zinc fertilizer on nutrient balance and deficiency diagnosis of winter wheat crops in pot experiment. International symposium on the Role of Sulfur, Magnesium and Micronutrients in Balanced Plant Nutrition. (edited by Portch, S.). pp. 369-379. Washington, USA, Sulfur Institute.
- **Mohammad, W., Iqbal, M.M. and Shah, S.M., 1990.** Effect of mode of application of zinc and iron on yield of wheat (CV. Pak-81). Sarhad J. of Agric. 6(6): 615-618.
- **Mremner, J.M. and Mulvaney, C.S., 1982.** Nitrogen-total. PP. 595-624. In: page, A.L. (ED.), Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- **Nelson, D.W. and Sommers, L.P., 1982.** Total carbon, organic carbon and organic matter. PP. 539-579. In: Page, A.L. (ED.), Methods of soil analysis. Part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- **Nan, Z., Li, J., Zhang, J. and Cheng, G., 2002.** Cadmium and zinc interactions and their transfer in soil-crop system under actual field conditions. Sci. Total Environ. 285: 187-195.

- **Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982.** Phosphorus. PP. 403-430. In: Page, A.L. (ED.), Methods of soil analysis. Part 2, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- **Rashid, A. and Ryan, J., 2004**. Micro nutrient constrains to crop production in soils with Mediterranen-type characteristics: a review. J. plant Nutr. 27, 959-975.
- **Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havline, J.L., 1993.** Soil fertility and fertilizers. 5th eds. Mc Millan, pub. Co. New York. P. 634.
- **Vankhadeh, S., 2002**. Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. nes s.zz : 1 – 143 144.
- **Yilmaz, A., Ekiz, H., Torun, B., Gultekin, I., Karanlik, S., Bagci, S.A., and Cakmak, I., 1997.** Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. J. Plant Nutrition. 20(4&5): 461-471.
- **Zhang, F.S., 1993.** Effect of Cu deficiency on Zn uptake rate of wheat plants. Acta-Pedologica Sinica. 129-134.