به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۲
صفحه‌های ۸۶-۷۵

تأثیر مصرف خاکی سولفات آهن و منگنز بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای سینگل کراس ۷۰۴

راضیه نبوی مقدم*[۱]، محمدحسین صابری[۲]، محمدحسین سیاری[۳]

۱. کارشناس ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد بیرجند، بیرجند ـ ایران
۲.استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، بیرجند- ایران
۳. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند ـ ایران

تاریخ وصول مقاله: ۹۱/۸/۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۲/۳۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف آهن و منگنز بر صفات کمی و کیفی ذرت علوفه ای رقم سینگل کراس ۷۰٤، آزمایشی در سال ۱۳۸۹، در شهرستان قائنات (خراسان جنوبی) به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با شانزده تیمار در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح کود سولفات آهن (عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد و مصرف ۳۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح کود سولفات منگنز (عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد و مصرف ۱۰، ۲۰ و ٤۰ کیلوگرم در هکتار) بود. با افزایش میزان کود در هر دو نوع، افزایش معنی‌داری در صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ، قطر ساقه، وزن خشک (ساقه، برگ، بلال) و عملکرد خشک علوفه مشاهده شد. اما در صفات کیفی شامل درصد پروتئین، فیبر نامحلول در شویندهٔ خنثی و فیبر نامحلول در شویندهٔ اسیدی با افزایش میزان کود تا حد بهینه (براساس آزمون خاک برای کود آهن ٦۰ و برای کود منگنز ۲۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد)، افزایش معنی‌داری در صفات دیده شد، در حالی که کاربرد کود بیشتر از نیاز گیاه باعث کاهش کیفیت شد. بنابراین، برای داشتن علوفه‌ای با خصوصیات کمی و کیفی خوب، مصرف ٦۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آهن و ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات منگنز برای این منطقه توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: آزمون خاک، حد بهینهٔ مصرف کود، ریزمغذی، صرفهٔ اقتصادی، عملکرد علوفهٔ خشک.

* نویسنده مسئول Email: razienabavi@ymail.com

۱. مقدمه

ذرت یکی از گیاهان زراعی قدیمی مورد استفادهٔ انسان، دام و به‌خصوص طیور است که طبق گزارش سازمان خواربار جهانی (FAO)، این گیاه زراعی از نظر عملکرد و میزان تولید در دنیا رتبهٔ اول و از نظر سطح زیرکشت مقام سوم را بعد از گندم و برنج دارد [۵]. ذرت یکی از گیاهان با ارزش علوفه‌ای است که به دلیل تنوع، سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوان آن، در ردیف گیاهان مهم زراعی جهان قرار گرفته است [۲].

ذرت نیاز کودی بالایی دارد و با توجه به تحقیقات انجام‌شده نسبت به کاربرد کودهای کم‌مصرف واکنش خوبی نشان می‌دهد. در مورد تأثیر عناصر کم‌مصرف بر شاخص‌های رشد، تحقیقات کمی صورت گرفته است، اما قدر مسلم، این کودها به‌طور غیرمستقیم تأثیر مطلوبی بر روند رشد گیاه و کمیّت و کیفیت گیاهان زراعی می‌گذارند [۱۱]. حد بحرانی آهن، منگنز، روی و مس در غلات به‌ویژه گندم به ترتیب ۵/۸، ۸، ۰/۵۵ و ۱/٦۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه است [۷].

طی سال‌های اخیر، نتایج تحقیقات انجام‌شده در نقاط مختلف دنیا حاکی از تأثیر مثبت عناصر غذایی کم‌مصرف بوده است [۸]. محلول‌پاشی با عناصر آهن به‌اضافهٔ روی و منگنز دارای بیشترین عملکرد مادهٔ خشک و علوفهٔ تر و باعث بهبود خصوصیات کیفی ذرت هیبرید ۷۰٤ شد [۲]. در تحقیقی دیگر بیشترین عملکرد مادهٔ خشک و سرعت رشد محصول در ذرت از محلول‌پاشی آهن و آهن به‌اضافهٔ منگنز به‌دست آمد [٤، ۲]. آزمایش‌های مزرعه‌ای نشان داد در خاک‌هایی که دچار کمبود منگنز هستند، کاشت ذرت همراه با کاربرد ۱۰ تا ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود منگنز به‌صورت خاکی و یا محلول‌پاشی سبب افزایش چشمگیری معادل ۳۰۰ـ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌شود [۱۸]. همچنین، بعضی از محققان در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که مصرف خاکی و محلول‌پاشی گندم با استفاده از کود سولفات منگنز، باعث افزایش صفات کمی به‌خصوص ارتفاع گندم نسبت به شاهد می‌شود [۱۷]. همچنین، نتایج بسیاری از محققان حاکی از آن است که مصرف عناصر ریزمغذی آهن و منگنز تأثیر معنی‌داری در افزایش ارتفاع، قطر ساقه و عملکرد علوفهٔ ذرت دارد [۵، ۱۷].

اما در مورد تأثیر این عناصر بر تعداد برگ، نتایج متفاوتی وجود دارد، چرا که بعضی از محققان بر این باورند که این عناصر بر تعداد برگ تأثیری ندارند و تعداد برگ، بیشتر تحت تأثیر تراکم گیاه قرار می‌گیرد [۲، ۸]، اما در مقابل بعضی دیگر معتقدند که این عناصر در تعداد برگ نقش مثبتی ایفا می‌کنند [۱۸]. همچنین، در مورد تأثیر کودهای آهن و منگنز بر صفات کیفی، بسیاری از نتایج حاکی از نقش مثبت این عناصر در افزایش پروتئین ذرت است [۲، ٦]. همچنین، محققان دیگری بر این باورند که کمبود این عناصر تأثیر منفی بر درصد پروتئین و دیگر خصوصیات کیفی ذرت می‌گذارد [۲، ١٤]. بر اثر مصرف سولفات منگنز در خاک، جذب آهن افزایش می‌یابد، منگنز و آهن هر دو در نقل و انتقالات الکترون و فتوسنتز در گیاه نقش بازی می‌کنند؛ بنابراین، با افزایش غلظت منگنز در گیاه، تقاضا برای آهن نیز افزایش می‌یابد و انتقال آهن از ریشه به اندام‌های هوایی بیشتر می‌شود [١٤].

به‌طور مشابه مصرف کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی زراعت گندم، ذرت، اسپرس و سایر محصولات زراعی نیز شده است [۱۲، ١٤]. کمبود ریزمغذی‌ها به‌طور عمده در شرایط شوری و اسیدیتهٔ بالا و آهکی‌بودن خاک در نواحی خشک و نیمه‌خشک مشاهده می‌شود، بنابراین، هدف از مصرف این گونه عناصر در فرآیند تولید محصولات زراعی علاوه بر افزایش تولید، بهبود کیفی محصولات نیز است [۲]. در گذشته، در ایران در بسیاری از زراعت‌های معمول، استفاده

از کودهای کم‌مصرف فراموش شده بود؛ اما به‌تازگی، درصد کمی از کودهای مصرفی را کودهای کم‌مصرف تشکیل می‌دهد، لذا، مصرف این کودها می‌تواند نقش مهمّی در بهبود صفات کمی و کیفی گیاهان تولیدی داشته باشد [۱۱].

تحقیق و مطالعه دربارهٔ ذرت در خصوص اثر آهن و منگنز در خراسان جنوبی اندک بوده است، در حالی که، به نظر می‌رسد بسیاری از نقاط کشور از جمله بخش‌هایی از این استان برای توسعهٔ کشت ذرت قابلیت نسبتاً خوبی دارند. بنابراین، این پژوهش به منظور تعیین بهترین میزان کود آهن و منگنز برای بالابردن عملکرد ذرت علوفه‌ای در این منطقه انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش، در سال ۱۳۸۹، در شهرستان قائنات استان خراسان جنوبی با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه ٤۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۹ درجه ۱۱ دقیقه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آماده‌سازی زمین در ۱۹ خرداد ۸۹ با عملیات شخم، دیسک و تسطیح انجام شد. قبل از عملیات کاشت، براساس تجزیهٔ خاک (جدول ۱)، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود کامل (NPKZ) (با میزان ۱۵ درصد نیتروژن، ۸ درصد فسفر، ۱۵ درصد پتاس، ۱ درصد روی) برای تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، به خاک اضافه شد. پس از تسطیح، کرت‌های آزمایشی با مرزکشی از یکدیگر تفکیک شدند. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود آهن (عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد (a1) و مصرف ۳۰ (a2)، ٦۰ (a3) و ۹۰ (a4) کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح کود منگنز (عدم مصرف کود به‌عنوان شاهد (b1) و مصرف ۱۰ (b2)، ۲۰ (b3) و ٤۰ (b4) کیلوگرم در هکتار) بود و کودها براساس نتایج آزمون خاک کمتر از نیاز گیاه، حد بهینه و بیشتر از نیاز گیاه در نظر گرفته شد. کودها از منبع سولفات آهن و سولفات منگنز انتخاب شدند و هم‌زمان با کاشت و حدود ۵ سانتی‌متر در زیر و کنار بذر به‌صورت نواری به‌کار برده شدند. مساحت هر کرت ۱۲/۵ مترمربع با طول ۵ متر و عرض ۲/۵ متر با ٤ خط کشت بود. عملیات کاشت در ۲۳ خرداد ۱۳۸۹، به روش کرتی و با دست انجام شد.

به منظور اطمینان از استقرار کامل بوته‌ها، مقدار بذر مورد استفاده دو تا سه برابر مقدار مورد نیاز در نظر گرفته شد و پس از استقرار کامل گیاهچه در مرحلهٔ دو تا چهار برگی طی دو نوبت عملیات تنک اجرا شد تا تراکم مورد نیاز که حدود ٦۳۳٦ بوته در ٦۰۰ مترمربع سطح زیرکشت بود (حدود ۳۳ بوته در هر خط کشت و ۱۰۵٦۰۰ بوته در یک هکتار)، حاصل شود. بعد از عملیات تنک، فاصلهٔ بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. دور آبیاری در این آزمایش براساس روال معمول منطقه، هر شش روز بود و اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد. به دلیل آنکه ذرت علوفه‌ای مد نظر بود، برداشت در مرحلهٔ شیری‌شدن دانه‌ها انجام شد و بعد از حذف اثرات حاشیه‌ای و حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای ردیف و انتخاب ۵ بوته به‌طور تصادفی از دو ردیف میانی در هر کرت، همهٔ صفات کمی شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، قطر ساقه، وزن خشک (ساقه، برگ، بلال) و عملکرد خشک علوفه و صفات کیفی شامل درصد پروتئین، فیبر نامحلول در شویندهٔ خنثی و فیبر نامحلول در شویندهٔ اسیدی بررسی شد. برای اندازه‌گیری فیبر نامحلول در شویندهٔ خنثی و فیبر نامحلول در شویندهٔ اسیدی از دستگاه تجزیهٔ الیاف (براساس روش ون سوست) استفاده شد [۳].

برنامهٔ آماری مورد استفاده در این تحقیق SAS (ورژن ۹/۱) بود که برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شده بود.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعهٔ مورد آزمایش

بافت خاک	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	رطوبت اشباع (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
لومی رسی سیلتی	٦/١٨	٤/١١	٧/٩٤	٦/٨٣	٤٦/٨	٠/٠١٦	٥/١٢	٢٤١/٥

۳. نتایج و بحث

۱.۳. ارتفاع بوته

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته نشان داد که اثر متقابل کودهای آهن و منگنز بر ارتفاع بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین اثر متقابل آن‌ها نشان داد که با افزایش میزان هر دو نوع کود، ارتفاع افزایش یافت؛ به‌طوری که، بیشترین میزان ارتفاع بوته از تیمار a_4b_4 به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلافی با تیمارهای a_4b_3، a_3b_4 و a_3b_3 نداشت و کمترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد و تیمار a_2b_2 بود (جدول ٤).

افزایش ارتفاع به واسطهٔ این دو نوع کود مربوط به نقش این عناصر در فتوسنتز است که باعث افزایش ساخت کلروفیل در برگ‌های جوان و افزایش تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شوند، در نتیجه فتوسنتز افزایش می‌یابد و مواد فتوسنتزی بیشتری به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها وارد می‌شود و در نهایت، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد [۱۳]. همچنین، آهن در سنتز مادهٔ اولیهٔ کلروفیل اهمیت زیادی دارد و با توجه به این که کود منگنز بر سنتز هورمون اکسین تأثیر می‌گذارد و هورمون اکسین از جمله هورمون‌هایی است که می‌تواند در ارتفاع گیاه نقش مثبت داشته باشد، بنابراین، می‌توان انتظار داشت که با کاربرد کود آهن و منگنز ارتفاع افزایش یابد. افزایش ارتفاع به واسطهٔ این دو نوع کود را محققان زیادی نیز اثبات کرده‌اند [۲، ۱۷].

۲.۳. تعداد برگ

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به تعداد برگ نشان داد که کود آهن در سطح ۱ درصد بر تعداد برگ معنی‌دار است، اما کود منگنز اثر معنی‌داری بر تعداد برگ نداشت (جدول ۲). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش کود آهن تعداد برگ نسبت به شاهد افزایش یافته است، هرچند که اختلاف معنی‌داری بین سطح ۳۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم دیده نشد. همچنین، افزایش کود منگنز تأثیری در تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد نداشت و همهٔ سطوح از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳).

از آنجا که آهن در سیستم‌های فتوسنتزی برای تنفس و ساخت کلروفیل نقش دارد [۱۳]، در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز در برگ‌ها می‌شود و به دنبال آن به تولید برگ‌های بیشتر در گیاه می‌انجامد [۱۵]، نقش آهن، روی و منگنز در افزایش سطح برگ ذرت بیش از سایر ریزمغذی‌هاست [٤]، هرچند که نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر کود آهن بر تعداد برگ با نتایج بعضی از محققان تناقض دارد [۲، ۸]، اما با نتایج بعضی دیگر همخوانی دارد [۱۷]. همچنین، با توجه به اینکه تعداد برگ از خصوصیات ثابت هر هیبرید است و بیشتر تحت تأثیر تراکم قرار می‌گیرد، در نتیجه می‌توان انتظار داشت که کودهای ریزمغذی از جمله کود منگنز تأثیر چندانی روی تعداد برگ ندارد که نتیجهٔ به‌دست‌آمده از این طرح نیز نشان‌دهندهٔ این است که کود منگنز تأثیری بر تعداد برگ ندارد [۹]، هرچند که در مورد کود آهن نیز نتایج نشان

می‌دهد که بین سطوح کودی تفاوتی در تعداد برگ نیست و اختلاف به‌دست‌آمده فقط بین سطوح کودی با تیمار شاهد است، چرا که همان‌طور که قبلاً بیان شد، تعداد برگ از خصوصیات ثابت هر هیبرید است، ولی بین ۱۲ تا ۱۸ عدد برگ در نوسان است که بیشتر این تغییرات تحت تأثیر فتوپریودیسم قرار می‌گیرد. با توجه به تراکم بوته در ذرت علوفه‌ای و تغییرات فضایی گیاه در این آزمایش شاهد اختلاف بین تیمارهای کود آهن با تعداد برگ در بوته بودیم؛ ولی از محدودهٔ یادشده بیشتر نبوده است. برهم‌کنش آن‌ها نیز بر تعداد برگ معنی‌دار نبود (جدول ۲).

۳.۳. قطر ساقه

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به قطر ساقه نشان داد که اثر کودهای آهن و منگنز بر قطر ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که با افزایش کود آهن قطر ساقه نسبت به شاهد افزایش یافته است، همچنین، مصرف کود منگنز قطر ساقه را نسبت به شاهد افزایش داد؛ هرچند که از لحاظ آماری اختلافی بین سطوح ۲۰ و ٤۰ کیلوگرم دیده نشد (جدول ۳).

با توجه به نیاز خاک به افزودن کودهای آهن و منگنز، اگر میزان این عناصر به‌خصوص آهن کمتر از حد مطلوب باشد، موجب رنگ‌پریدگی و ساخته‌نشدن کلروفیل در برگ‌های جوان و کاهش تنظیم‌کننده‌های رشد می‌شود. استفاده از کودهای آهن و منگنز موجب افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به نقاط مختلف گیاه از جمله ساقه‌ها و افزایش قطر ساقه می‌شود [۱۵]، همچنین، بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم‌های نوری در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه مؤثر باشد [۲، ۱۳]. برهم‌کنش این دو کود بر قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

٤.۳. وزن خشک ساقه

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک ساقه نشان داد که اثر متقابل کودهای آهن و منگنز بر وزن خشک ساقه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین اثر متقابل آن‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک ساقه از اثر متقابل a_4b_4 به‌دست آمده است که از لحاظ آماری اختلافی با تیمارهای a_4b_3، a_3b_4 و a_3b_3 نداشت و کمترین وزن خشک ساقه مربوط به تیمار شاهد بود که از لحاظ آماری اختلافی با سطح a_2b_1 نداشت (جدول ٤).

در صورت مصرف متعادل کودهای ازته، فسفره و پتاسیمی، با مصرف کودهای ریزمغذی گیاهان ریشه‌دهی و رشد اولیه بیشتر خواهد شد [۲] که به دنبال رشد خوب، افزایش ارتفاع در ذرت خواهیم داشت و به‌طور طبیعی وزن نیز افزایش خواهد یافت. همچنین، کود منگنز بر سنتز هورمون اکسین اثر می‌گذارد و باعث افزایش ارتفاع می‌شود و کود آهن هم با توجه به نقش مثبتی که بر تنظیم‌کننده‌های رشد داشت و باعث افزایش ارتفاع ذرت شد، در نتیجه افزایش وزن خشک ساقه با مصرف این دو ریزمغذی دور از انتظار نیست.

۵.۳. وزن خشک برگ

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک برگ نشان می‌دهد که اثر متقابل کودهای آهن و منگنز بر وزن خشک برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین مربوط به اثر متقابل آن‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ مربوط به تیمار a_4b_4 است که از لحاظ آماری اختلافی با تیمارهای a_4b_3، a_3b_4 و a_3b_3، a_4b_4 و a_4b_2 نداشت و کمترین میزان آن از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ٤).

از آنجا که کود آهن توانست تعداد برگ را نسبت به شاهد افزایش دهد و همچنین، نتایج مختلف محققان حاکی

از آن است که نقش آهن، روی و منگنز در افـزایش سـطح برگ ذرت بیش از سایر ریزمغذی‌هاست [٤، ٨]، مـی‌تـوان نتیجه گرفت افزایش سطح برگ باعث افزایش وزن خشک برگ می‌شود که نتایج حاصل نیز چنین افزایشی را در وزن خشک برگ نشان می‌دهد.

٦.٣. وزن خشک بلال

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک بلال نـشان می‌دهد که اثر متقابل کودهای آهن و منگنز بر وزن خـشک بلال در سطح ٥ درصد معنـی‌دار شـده اسـت (جـدول ٢). مقایسهٔ میانگین مربوط به اثر متقابل این دو کـود نـشان داد که با افزایش هر دو نوع وزن خشک افزایش یافتـه اسـت، به‌طوری که بیشترین میزان وزن خشک بلال از تیمـار a_4b_4 به‌دست آمده است که از لحاظ آماری اختلافی با تیمارهای a_4b_3، a_3b_4 و a_3b_3 نداشـت و کمتـرین وزن خـشک بـلال مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ٤).

وجود مقـادیر کـافی از عناصـر غـذایی، مـی‌توانـد در افزایش وزن خشک بـلال مـؤثر باشـد. بـلال جـزء بـسیار مؤثری در روند افزایش وزن خـشک گیـاهی اسـت و هـر عاملی کـه بتوانـد بـر وزن خـشک بـلال در واحـد سـطح بیفزایـد، مـی‌توانـد بـر افـزایش عملکـرد علوفـه تـأثیر انکارناپذیری بگذارد [٢]. مصرف این عناصر باعث افزایش مواد فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه این مواد به قسمت‌هـای مختلف گیاه از جمله بلال وارد می‌شوند و در نهایت، وزن آن را افزایش خواهند داد. این نتایج با نتایج سـایر محققـان همخوانی دارد [٢، ١٢].

٧.٣. عملکرد علوفهٔ خشک

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به عملکرد علوفـهٔ خـشک نشان می‌دهد که اثر کودهای آهن و منگنز و همچنـین، اثـر متقابل آن‌ها بر عملکرد علوفهٔ خـشک در سـطح ٥ درصـد معنی‌دار شده است (جدول ٢). با افزایش هر دو نـوع کـود علوفهٔ خشک افزایش یافت، به‌طوری کـه بیـشترین میـزان علوفهٔ خشک از اثر متقابل a_4b_4 به‌دست آمـد کـه از لحـاظ آماری تفـاوتی بـا تیمارهـای a_4b_3، a_3b_4 و a_3b_3 نداشـت و کمترین میزان آن از تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ٤).

افزایش عملکرد علوفهٔ خشک به واسطهٔ اثر متقابل آن‌ها مربوط به نقش آن‌ها در افزایش فتوسنتز است که در نتیجـه باعث می‌شود که میزان کربوهیدرات‌های محلول بـه میـزان زیادی افزایش یابد که افزایش کربوهیـدرات‌هـای محلـول باعث بالارفتن عملکرد می‌شود [١٥].

٨.٣. درصد پروتئین

تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به درصد پروتئین نـشان داد که اثر کودهای آهن و منگنز بر درصد پـروتئین در سـطح ٥ درصد معنی‌دار شد (جدول ٢). با افزایش کود آهن تا سـطح بهینه کـودی براسـاس آزمـون خـاک (سـطح ٦٠ کیلـوگرم) درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش داشته اسـت، ولـی از سطح ٦٠ کیلوگرم به بعد میزان پروتئین کاهش می‌یابد که از لحاظ آماری اختلافی بـین سـطوح ٣٠ و ٩٠ کیلـوگرم دیـده نشد (جدول ٣). همچنین، مشاهده شد کـه بـا افـزایش کـود منگنز تا سطح بهینهٔ کودی براساس آزمون خـاک (سـطح ٢٠ کیلوگرم) درصد پروتئین نسبت به شاهد افزایش یافته است، ولی از سطح ٢٠ کیلوگرم به بعد میزان پروتئین کاهش داشته است کـه از لحـاظ آمـاری اختلافـی بـین سـطوح ١٠ و ٤٠ کیلوگرم دیده نشد (جدول ٣).

درصد پروتئین به تغذیهٔ گیاه بستگی دارد و تحـت تـأثیر تیمارهـای کـودی قـرار مـی‌گیـرد و اسـتفاده از کودهـای کم‌مصرف باعث افزایش پروتئین می‌شود [١٩]. آهن در سنتز پروتئین دخالت دارد و از طریق افزایش فرودوکسین، باعـث افزایش احیای نیترات و تبدیل هیدرات‌های کربن به پروتئین می‌شود [١٣]، همچنین، آهن یکی از عناصر مهمی است کـه در متابولیسم نیتروژن نقش دارد، پس می‌توان انتظـار داشـت

که با اجرای تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می‌دهند، پروتئین‌سازی افزایش یابد [۱]. همچنین، افزایش میزان پروتئین بر اثر مصرف منگنز مربوط به نقش این عنصر در فعال‌کردن آنزیم RNA پلی‌مراز است؛ همچنین، با افزایش عرضهٔ منگنز احیای نیترات افزایش می‌یابد و مقادیر بیشتری از هیدرات‌های کربن به پروتئین تبدیل می‌شود [۲۰]. برهم‌کنش این دو کود بر درصد پروتئین معنی‌دار نشد (جدول ۲).

۹.۳. فیبر نامحلول در شویندهٔ خنثی[1]

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به NDF نشان داد که اثر متقابل کودهای آهن و منگنز بر NDF در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). با افزایش کود آهن تا سطح بهینهٔ کودی براساس آزمون خاک (سطح ٦۰ کیلوگرم) درصد NDF نسبت به شاهد افزایش یافته، ولی از سطح ٦۰ کیلوگرم به بعد میزان NDF کاهش داشته است؛ همچنین، با افزایش کود منگنز تا سطح بهینهٔ کودی براساس آزمون خاک (سطح ۲۰ کیلوگرم) درصد NDF نسبت به شاهد افزایش یافته است، ولی از سطح ۲۰ کیلوگرم به بعد میزان NDF کاهش داشته است که از لحاظ آماری اختلافی بین سطح ۱۰ و ٤۰ کیلوگرم دیده نشد (جدول ۳). همچنین، بیشترین NDF از اثر متقابل a_3b_3 و کمترین مقدار آن از اثر متقابل a_4b_4 به‌دست آمد (جدول ٤). مصرف مقادیر بهینهٔ کودهای ریزمغذی برای تولید حداکثر عملکرد کیفی و کاهش آثار زیست‌محیطی مهم است [۱۰].

۱۰.۳. فیبر نامحلول در شویندهٔ اسیدی[2]

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به ADF نشان می‌دهد که اثر متقابل کودهای آهن و منگنز بر ADF در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). با افزایش کود آهن تا سطح بهینهٔ کودی براساس آزمون خاک (سطح ٦۰ کیلوگرم) درصد ADF نسبت به شاهد کاهش می‌یابد؛ ولی از سطح ٦۰ کیلوگرم به بعد میزان ADF، افزایش داشته است. همچنین، با افزایش کود منگنز تا سطح بهینهٔ کودی براساس آزمون خاک (سطح ۲۰ کیلوگرم) درصد ADF نسبت به شاهد کاهش می‌یابد، ولی از سطح ۲۰ کیلوگرم به بعد میزان ADF افزایش داشته است (جدول ۳). همچنین، کمترین ADF از اثر متقابل a_3b_3 و بیشترین مقدار آن نیز از اثر متقابل a_4b_3 و a_4b_4 به‌دست آمد (جدول ٤). تغذیهٔ بهینه یکی از عوامل مؤثر و مهم در افزایش تولید محصولات زراعی است [۱۰].

با مصرف سولفات آهن و منگنز و نقش مثبت این دو نوع کود بر شاخص‌های رشد و همچنین، تأثیر مثبت کود آهن بر افزایش تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد، که از خوش‌خوراک‌ترین قسمت‌های علوفه برای دام است و میزان لیگنین آن پایین‌تر است و در نتیجه قابلیت هضم بالاتری نسبت به ساقه و بلال دارد، باعث افزایش NDF و کا هش ADF می‌شود.

تغذیهٔ صحیح گیاه، یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به شمار می‌آید. در تغذیهٔ صحیح گیاه، نه تنها باید هر عنصر به اندازهٔ کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت میان میزان عناصر مصرفی اهمیت ویژه‌ای دارد [١٦]؛ بنابراین، توصیه می‌شود که میزان کودها براساس نیاز، در اختیار گیاه قرار گیرد، چرا که پایین‌تر یا بالاتر از نیاز غذایی، گیاه دچار تنش خواهد شد، به عبارتی تنش عناصر غذایی زمانی رخ می‌دهد که میزان عناصر پایین‌تر یا بالاتر از حد مورد نیاز برای رشد باشد. این حالت ممکن است ناشی از کمبود یا زیادی ذاتی یک عنصر در خاک، تحرک کم عناصر غذایی در خاک یا شکل شیمیایی عنصر غذایی باشد [۱۵].

1. Neutral Detergent Fiber
2. Acid Detergent Fiber

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس کود آهن و منگنز روی خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد برگ	میانگین وزن خشک ساقه	مربعات وزن خشک برگ	وزن خشک بلال	پروتئین خام	ADF	NDF	عملکرد علوفهٔ خشک
تکرار	۲	۴/۴۸	۰/۲۲	۱	۰/۹۸۱	۰/۱۶	۰/۵۴	۰/۸۹	۰/۰۳	۰/۰۹	۱۴۱۸/۷
کود آهن	۳	۱۲۶۳/۶۴**	۷/۸۶*	۲/۰۷*	۱۴۰۸/۸۱۱**	۱۵۷/۳۵**	۱۹۷/۵۰**	۱۰/۰۸**	۱۰/۱۵**	۹۳/۲۸**	۵۸۱۵۴/۳**
کود منگنز	۳	۱۰۳۵/۵۴**	۴/۰۴**	۰/۹۰ ns	۱۰۹۹/۰۸**	۱۱۰/۱۸**	۱۰۹/۵۱**	۴/۹۹**	۱۲/۴۹**	۶۸/۳۲**	۳۸۳۱۶**
آهن*منگنز	۹	۴/۶۸**	۰/۰۶ ns	۰/۳۷ ns	۶/۹۱**	۰/۷۴**	۱/۹۰**	۰/۳۱ ns	۱/۰۵**	۱۲/۳۶**	۱۶۵۲/۱۲**
خطا	۳۰	۰/۹۳	۰/۰۲	۰/۴۰	۱/۷۸	۰/۱۹	۰/۸۰	۲/۴۰	۰/۰۱	۰/۳۴	۵۴۳۰

** و * به ترتیب در سطوح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است.
ns معنی‌دار نیست.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین سطوح مختلف کود آهن و منگنز برای صفات مورد بررسی در ذرت علوفه‌ای

صفت / تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر مربع)	قطر ساقه (میلی‌متر مربع)	تعداد برگ	عملکرد ساقهٔ خشک (تن در هکتار)	عملکرد برگ خشک (تن در هکتار)	عملکرد بلال خشک (تن در هکتار)	پروتئین (درصد)	ADF (درصد)	NDF (درصد)	عملکرد علوفهٔ خشک (تن در هکتار)
آهن (A)										
کیلوگرم در هکتار										
(شاهد) a_1	۲۱۷/۳۲ ^{c}	۱۴/۷۳ ^{c}	۱۱/۷۵ ^{b}	۵/۴۳ ^{c}	۲/۳۰ ^{c}	۶/۲۰ ^{c}	۸/۸۲ ^{c}	۲۱/۶۰ ^{a}	۴۲/۵۱ ^{d}	۱۴/۹۳ ^{c}
(۳۰) a_2	۲۳۱/۴۱ ^{b}	۱۵/۴۳ ^{b}	۱۲/۱۶ ^{ab}	۶/۲۰ ^{b}	۲/۵۳ ^{b}	۶/۹۱ ^{b}	۹/۹۸ ^{b}	۱۹/۵۶ ^{c}	۴۴/۷۸ ^{c}	۱۶/۴۱ ^{b}
(۶۰) a_3	۲۴۱/۱۶ ^{a}	۱۶/۱۵ ^{ab}	۱۲/۵۰ ^{a}	۷/۰۶ ^{a}	۲/۸۰ ^{a}	۷/۶۲ ^{a}	۱۲/۸۴ ^{a}	۱۸/۳۹ ^{d}	۴۹/۰۳ ^{a}	۱۹/۶۴ ^{a}
(۹۰) a_4	۲۴۶/۹۰ ^{a}	۱۶/۶۳ ^{a}	۱۲/۶۸ ^{a}	۷/۹۱ ^{a}	۲/۹۰ ^{a}	۷/۹۱ ^{a}	۱۰/۰۱ ^{b}	۱۹/۶۰ ^{b}	۴۵/۱۶ ^{b}	۲۰/۱۰ ^{a}
منگنز (B)										
کیلوگرم در هکتار										
(شاهد) b_1	۲۲۱/۵۰ ^{c}	۱۴/۸۰ ^{d}	۱۲/۰۰ ^{b}	۵/۵۱ ^{c}	۲/۳۲ ^{c}	۶/۲۶ ^{c}	۸/۹۹ ^{c}	۲۰/۴۰ ^{a}	۴۲/۵۴ ^{c}	۱۵/۰۱ ^{c}
(۱۰) b_2	۲۳۱/۰۸ ^{bc}	۱۵/۰۱ ^{c}	۱۲/۱۶ ^{ab}	۵/۸۱ ^{b}	۲/۵۰ ^{b}	۶/۷۵ ^{b}	۹/۶۴ ^{b}	۱۹/۶۲ ^{c}	۴۴/۰۲ ^{b}	۱۵/۸۰ ^{b}
(۲۰) b_3	۲۳۵/۷۹ ^{b}	۱۵/۷۱ ^{b}	۱۲/۵۰ ^{ab}	۶/۸۱ ^{a}	۲/۷۴ ^{a}	۷/۵۶ ^{a}	۱۲/۴۵ ^{a}	۱۸/۹۰ ^{d}	۴۸/۳۳ ^{a}	۱۹/۴۰ ^{a}
(۴۰) b_4	^{a}۲۴۱/۸۰	^{a}۱۶/۰۰	^{ab}۱۲/۵۸	^{a}۷/۱۵	^{a}۲/۸۶	^{a}۷/۸۰	^{b}۱۰/۳۴	^{b}۱۹/۸۳	^{b}۴۵/۰۷	^{a}۱۹/۸۶

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ٤. مقایسهٔ میانگین سطوح مختلف اثر متقابل کود آهن و منگنز برای صفات مورد بررسی در ذرت علوفه‌ای

صفت / تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر مربع)	قطر ساقه (میلی‌متر مربع)	تعداد برگ	عملکرد ساقهٔ خشک (تن در هکتار)	عملکرد برگ خشک (تن در هکتار)	عملکرد بلال خشک (تن در هکتار)	پروتئین (درصد)	ADF (درصد)	NDF (درصد)	عملکرد علوفهٔ خشک (تن در هکتار)
a_1b_1	۲۰۹/۵ f	۱۴/۰۲ b	۱۱/۶ b	۵/۴۹ c	۲/۳۱ e	۶/۱ c	۸/۶ a	۲۱/۷۱ b	۴۲/۲ de	۱۳/۷۸ e
a_1b_2	۲۱۱ ef	۱۴/۰۶ b	۱۱/۷۲ b	۵/۶۲ bc	۲/۴۷ d	۶/۲۳ ab	۸/۶۵ a	۲۱/۷ b	۴۲/۳۲ cd	۱۳/۹۴ de
a_1b_3	۲۱۳/۵ e	۱۴/۰۹ b	۱۱/۸۶ b	۵/۷۸ bc	۲/۵۲ bc	۶/۳ ab	۸/۷۱ a	۲۱/۶۸ ab	۴۳ cd	۱۴/۰۸ d
a_1b_4	۲۱۵ d	۱۴/۱ b	۱۱/۹ b	۵/۸۱ bc	۲/۵۳ bc	۶/۳۲ ab	۸/۷۰ a	۲۱/۶۸ ab	۴۲/۸۷ d	۱۴/۴ c
a_2b_1	۲۱۰/۳ f	۱۴/۱۱ b	۱۱/۶۳ b	۵/۵۴ c	۲/۵۱ c	۶/۱۲ bc	۸/۶۱ a	۲۱/۷ b	۴۲/۳ d	۱۳/۸۸ de
a_2b_2	۲۱۴/۹۳ de	۱۴/۱۱ b	۱۱/۸ b	۵/۷۷ bc	۲/۵۳ bc	۶/۲۴ b	۸/۶۷ a	۲۱/۶۹ ab	۴۲/۵۶ d	۱۴ d
a_2b_3	۲۲۲/۰۶ c	۱۴/۱۳ b	۱۱/۹۱ ab	۵/۸۳ b	۲/۵۴ bc	۶/۳۵ ab	۸/۷۲ a	۲۱/۶۵ ab	۴۳/۷ cd	۱۴/۵۷ bc
a_2b_4	۲۲۴ c	۱۴/۱۳ b	۱۱/۹۵ ab	۵/۸۴ b	۲/۵۵ bc	۶/۳۶ ab	۸/۷ a	۲۱/۶۸ ab	۴۳ cd	۱۴/۶۹ bc
a_3b_1	۲۱۵/۶۴ cd	۱۴/۱۳ b	۱۱/۸۳ b	۵/۸۲ bc	۲/۵ c	۶/۲۴ b	۸/۶۵ a	۲۰/۹ b	۴۲/۶۶ d	۱۴/۰۹ cd
a_3b_2	۲۲۳ c	۱۴/۱۴ b	۱۱/۹۲ ab	۶/۱۲ ab	۲/۵۳ bc	۶/۵۱ ab	۸/۷۳ a	۲۰/۷ b	۴۲/۹۲ cd	۱۴/۸ bc
a_3b_3	۲۳۹/۹ a	۱۴/۱۵ ab	۱۲ ab	۶/۹۸ a	۲,۷۱ ab	۷/۲ a	۸/۹۱ a	۱۹/۰۴ c	۴۸/۸۱ a	۱۸/۹۴ a
a_3b_4	۲۴۱/۰۸ a	۱۴/۱۵ ab	۱۲/۱ ab	۷/۲۱ a	۲/۷۵ a	۷/۳۱ a	۸/۷۸ a	۲۰/۹ b	۴۶/۰۹ b	۱۹ a
a_4b_1	۲۱۷ d	۱۴/۱۳ b	۱۲ ab	۵/۸۲ b	۲/۶۹ b	۶/۳ ab	۸/۶۶ a	۲۰/۸ b	۴۴/۶۶ c	۱۴/۱۸ c
a_4b_2	۲۲۷/۳۱ b	۱۴/۱۳ b	۱۲ ab	۶/۲۴ ab	۲/۷ ab	۶/۵۳ a	۸/۷۲ a	۲۰/۷ b	۴۳/۵ cd	۱۵/۱ b
a_4b_3	۲۴۱ a	۱۴/۱۶ ab	۱۲/۲ ab	۷ a	۲/۷۴ a	۷/۲۴ a	۸/۷ a	۲۱/۷۴ a	۴۲/۹۸ cd	۱۹/۰۴ a
a_4b_4	۲۴۳/۱۲ a	۱۴/۱۶ ab	۱۲/۲ ab	۷/۲۵ a	۲/۷۵ a	۷/۳۲ a	۸/۵ ab	۲۱/۸۱ a	۴۱/۰۱ e	۱۹/۱ a

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

۱۱.۳. نتیجه‌گیری

سولفات آهن بر صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، وزن خشک ساقه، برگ و بلال، عملکرد علوفهٔ خشک، درصد پروتئین، NDF و ADF در سطح ۵ درصد و بر تعداد برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و منگنز بر همهٔ صفات مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد، به جز بر تعداد برگ که اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت. همچنین، اثر متقابل آن‌ها در همهٔ صفات مورد بررسی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، به جز بر تعداد برگ، قطر ساقه و درصد پروتئین که اثر معنی‌داری بر این صفات نداشتند (جدول ۲). نتایج در مورد صفات کمّی نشان داد که با افزایش هر دو نوع کود، صفات مورد بررسی نسبت به شاهد افزایش یافته است، هرچند که در بیشتر صفات، اختلافی از لحاظ آماری بین سطوح سوم و چهارم (در واقع همان سطوح بهینه و بیشتر از حد بهینه بودند) دیده نشد، اما در مورد صفات کیفی، نتایج نشان داد که گیاه در مقابل مصرف این ریزمغذی‌ها افزایش کیفی خواهد داشت، در صورتی که میزان کودها براساس نیاز بهینهٔ گیاه (بر طبق آزمون خاک) باشد، چرا که بر طبق نتایج به‌دست‌آمده، دادن کود کمتر یا بیشتر از نیاز گیاه، اثر مطلوبی بر صفات نخواهد گذاشت و باعث کاهش کیفیت می‌شود. طبق آزمایش انجام‌شده بهترین میزان کود برای داشتن علوفه‌ای با خصوصیات کمی و کیفی خوب و صرفهٔ اقتصادی بالاتر، ٦۰ کیلوگرم کود آهن و ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود منگنز برای این منطقه توصیه می‌شود.

منابع

۱. پنج‌تن‌دوست، م؛ سروش‌زاده، ع؛ قناتی، ف؛ (۱۳۸۹). «تأثیر مصرف خاکی و محلول‌پاشی آهن بر روی برخی از خصوصیات کیفی بادام‌زمینی در خاک قلیایی». *زیست‌شناسی گیاهی*. ۲، ۵، ص. ٤۰ـ۳۷.

۲. خلیلی محله، ج؛ رشدی، م؛ (۱۳۸۷). «اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی ۷۰٤ در خوی». *نهال و بذر*. ۲٤، ۲، ص. ۲۹۳ـ۲۸۱.

۳. ریاسی، ا؛ رسانی، ع؛ نعیمی‌پور، ح؛ فتحی، ح؛ (۱۳۸۸). «مقایسهٔ روش‌های اندازه‌گیری الیاف نامحلول در شویندهٔ خنثی و الیاف نامحلول در شویندهٔ اسیدی در علوفه‌ها و محصولات فرعی خوراک». *پژوهش‌های علوم دامی*. ۱۹، ۱، ص. ۱۰۳ـ ۹۱.

٤. سلیمانی، ع؛ فیروزی، م؛ نارنجانی، ل؛ (۱۳۹۰).« تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد و عملکرد مادهٔ خشک گیاه ذرت علوفه‌ای». *پژوهش‌های زراعی ایران*. ۹، ۳، ص. ۳٤۷ـ۳٤۰.

۵. ساجدی، ن؛ اردکانی، م، ر؛ (۱۳۸۷). «اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی». *پژوهش‌های زراعی ایران*. ٦، ۱، ص. ۱۱۰ـ۹۹.

٦. صابری، ع؛ فیض‌بخش، م، ت؛ مختارپور، ح؛ مساوات، ا؛ عسکری، م؛ (۱۳۸۹). «اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر روی عملکرد دانه ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰٤». *نهال و بذر*. ۲٦، ۲، ص. ۱۳٦ـ ۱۲۳.

۷. فیضی اصل، و؛ (۱۳۸۵). «تعیین حد بحرانی و کلاس‌بندی مقادیر آهن، منگنز، روی و مس برای گندم دیم (*T.aestivum L*) در شمال غرب ایران». *علوم کشاورزی ایران*. ۳، ص. ٤۰۱ـ۳۸۹، ص. ۱ـ۳۷.

۸. فـرج‌نیـا، ا؛ خورشـیدی‌بنـام، م، ب؛ (۱۳۸٦). «اثـر روش‌های کاربرد عناصر ریزمغذی بـر خـصوصیات کمی و کیفی گندم». *دانش نـوین کـشاورزی*. ۳، ۷، ص. ۱۰۹ـ۱۰۳.

۹. مزارعـی، م؛ فتحـی، ق؛ دارابـی، ک؛ (۱۳۸۸). «تـأثیر عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجـزای عملکـرد ذرت علوفـه‌ای سـینگل کـراس ۷۰٤». مجموعـهٔ مقـالات، *یازدهمین کنگرهٔ علوم خاک ایران*. ص. ۱۱٤۲ـ ۱۱٤۳.

۱۰. مصطفوی‌راد، م؛ طهماسبی سروستانی، ز؛ محمـودی، و، ر؛ (۱۳۸۷). «اثر عناصر کم‌مصرف روی و منگنـز بر عملکرد و برخی صفات زراعی سه رقـم گنـدم». *پژوهش و سازندگی در زراعـت و باغبـانی*. ۸۰، ۲۱، ص. ۸ـ۲.

۱۱. نـوایی، ف؛ ملکـوتی، م، ج؛ (۱۳۷۸) «اثـر تغذیـهٔ متعـادل عناصـر غـذایی برکمیـت و کیفیـت ذرت دانه‌ای». چکیدهٔ مقالات، *ششمین کنگرهٔ علوم خـاک ایران*. ص. ۳۱۹ـ۳۲۱.

12. Baybordi A (2001) Effect of Fe, M n, Zn and Cu on the quality and quantity under salinity stress. Water and Soil Science. 17(3): 145-149.

13. Malakoti MJ and Tehrani MM (1999) Effects of micronutriens on the Yield and Quality of Agricultural Products. Tarbiat Modarres University Publications. 22(2): 292-294.

14. Marschner I (2006) Mineral nutrition of higher plants. Academic Press.USA. 329-337.

15. Mortvedt JJ (2003) R esearch techniques with micronutrient fertilizers for use in deficient crop production. National Fertilizer and Environmental Research Center Tennesee USA. 267-275.

16. Rutkowska B, Szulc W and Labet owicz J (2009) Influence of soil fertilization on microelements in soil solution of sandy soil. Journal of Elementol. 14(2):353-354.

17. Sayyari-zahan MH, Si ngh sadana U, Steingrobe B and C laassen N (2009) Manganese efficiency and manganese-uptake kinetics of raya (*Brassica juncea*), wheat (*Triticum aestivum*) and oat (*Avena sativa*) grown in nutrient solution and soil. Plant Nutr. Soil Science. 172(5): 425-434.

18. Sepehr A, Rasuli Sedghiani MH and Malakouti MJ (2004) Effect of di fferent resource of pot assium and micronutrients fertilizers on quality and quantity increasing in corn. Optimized nourishment of oi l grains. Khaniran Press Tehran.

19. Whitty EN and Cham bliss CG (2005) Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University Publication. 21-24.

20. Woolhouse HW and Ness PJ (2004) R NA synthesis in phaseolus chloroplasts I Ribonucleic acid synthesis and senesci ng leaves. Wxp Botany. 31(4): 223-233.