نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۵ ، آذر - دی ۱۳۸۹، ص ۸۶۱-۸۵۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 5, Nov. – Dec. 2010, p. 855-861

بررسی اثر مصرف اکسید آهن (نانو و معمولی) همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا

سیما مظاهری نیا[1*]- علی رضا آستارایی[2] – امیر فتوت[3]- احمد منشی[4]

دریافت:۸۸/۱۲/۱۹
پذیرش: ۸۹/۴/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف اکسید آهن نانو و معمولی همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر ارتفاع گیاه، طول سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش گیاه، وزن هزار دانه، وزن دانه در گلدان و غلظت آهن در گیاه گندم رقم آتیلا (چمران)، یک آزمایش گلخانه ای شامل پنج سطح پودر اکسید آهن معمولی (۰/۰۶-۰/۰۲ میلیمتر)(صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و۱ درصد وزن خاک)، پنج سطح نانو اکسید آهن (۲۵۰-۲۵ نانومتر)(صفر،۰/۰۵،۰/۱،۰/۵و۱ درصد وزن خاک) و دو سطح کمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی (صفر و ۲ درصد وزن خاک) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی در خاک افزایش معنی داری در غلظت آهن گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه داشت. متناسب با افزایش هر دو نوع اکسیدآهن، غلظت آهن، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه افزایش یافت که این افزایش معنی دار بود. همچنین غلظت آهن در گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش، وزن هزار دانه، وزن دانه در گلدان با کاربرد کمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی افزایش یافت، که این افزایش در تیمار نانو اکسید آهن حاوی کمپوست گرانوله گوگردی نسبت به سایر تیمارها به طورمعنی داری بیشتر بود.

واژه های کلیدی: کمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی، اکسید آهن نانو و معمولی، گندم

مقدمه

گندم از جمله گیاهان زراعی است که در تمامی قاره ها و در بیشتر خاکها کشت می شود و برای رشد به عناصر مختلف از جمله عناصر غذایی کم مصرف آهن، مس، منگنز و روی نیاز دارد. کمبود این عناصر در خاک، نه تنها موجب کاهش عملکرد گیاه می گردد، بلکه از طریق کاهش غلظت این عناصر در مواد غذایی، از جمله دانه گندم، موجب کاهش جذب آنها به وسیله انسان و دام می شود (۳). گیاهانی که در خاک های آهکی و خاکهایی با pH بیش از ۷/۷ رشد می کنند، معمولا دچار کمبود آهن می باشند (۲۰) از آنجایی که شکل گیری کلروفیل بدون حضور آهن میسر نیست، بنابراین کمبود یا غیر فعال شدن آهن در گیاهان به صورت کلروز شدن برگها و کاهش رشد پدیدار می شوند (۷). آگراوال (۶) ضمن مطالعه نیاز گندم به عناصر کم مصرف حد بحرانی آهن در خاکهای زیر کشت گندم را ۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک گزارش نموده است. همچنین تاندون افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف آهن را ۷۸ کیلوگرم در هکتار گزارش نموده است (۱۸). کلات های مصنوعی ازجمله روش های موثری است که برای مقابله با کمبود آهن مورد استفاده قرار می گیرد (۱۲)، ولی عموما خیلی گران بوده و استفاده از آنها در بسیاری موارد مقرون به صرفه نمی باشد. بنابراین لازم است از ضایعات جنبی صنایع که در مقایسه با انواع کود آهن از قیمت ناچیزی برخوردار بوده و در صورت امکان تامین آهن مورد نیاز گیاه از این روش صرفه اقتصادی قابل توجهی دارد برای جبران کمبود آهن در گیاهان استفاده شود. در مطالعه ای فروهر (۵) پودر اکسید ضایعاتی حاصل از صنایع فولاد با۹۶٪ ترکیب حاوی اکسید آهن (۹۴/۷ درصد Fe_2O_3 و ۱/۴ درصد FeO و حاوی عناصردیگر به مقدار بسیار کم) را به عنوان کود آهن در خاکهای آهکی مورد آزمایش قرار داده و نتیجه گیری کرد که عملکرد گیاه سویا در سه خاک آزمایشی افزایش داشت. یکی دیگر از

۱، ۲ و ۳- به ترتیب کارشناس ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: sima.mazaheri61@gmail.com)
۴-استاد گروه مواد، دانشکده مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان

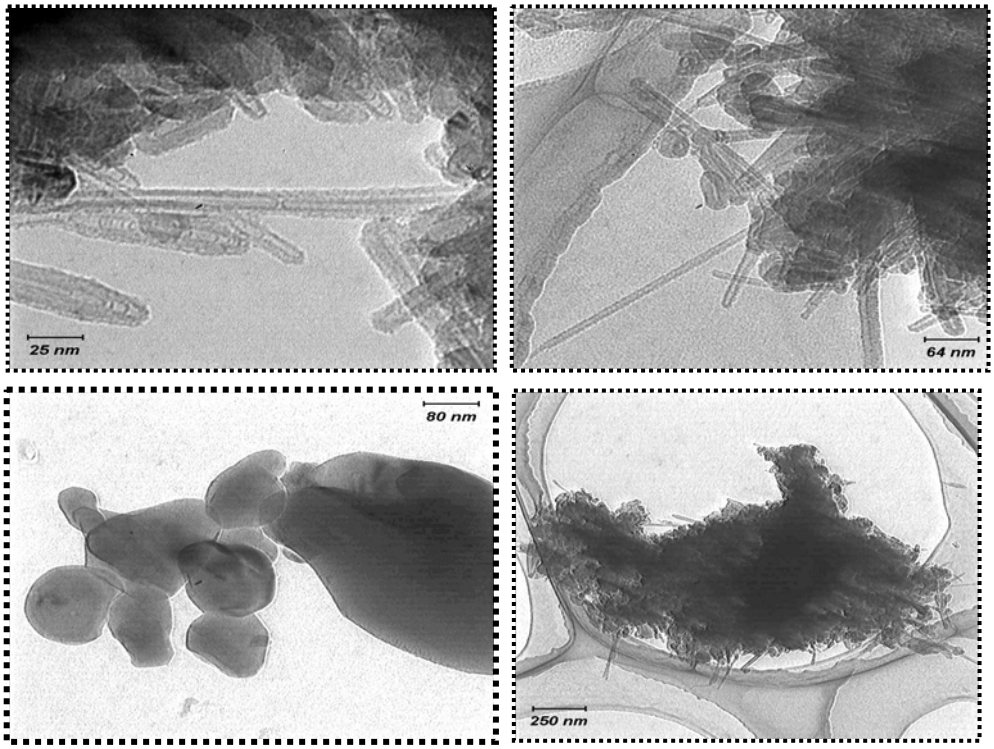
روشهایی که باعث افزایش عملکرد محصول و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک می شود کود های آلی می باشد. در سالهای اخیر منابع جدید تأمین کننده مواد آلی خاک، به واسطه شهر نشینی و صنعتی شدن به ویژه در کشورهای درحال توسعه مورد توجه برنامه ریزان قرار گرفته است. انرژی بسیار زیاد مورد نیاز برای سوزاندن پسماندها، از محدودیت هایی است که سبب شده تا به بازیافت پسماند ها و بکارگیری کمپوست حاصل در اراضی کشاورزی توجه زیادی شود(۸). کودهای آلی کاملاً پوسیده و بویژه کودهای کمپوست که حاوی مقادیر قابل توجهی آهن هستند، عموماً دارای اثرات مثبتی در رفع و یا کاهش کلروز ناشی از کمبود آهن می باشند (۴). نتایج تحقیق سی فوانته و لیندمان (۹) دلالت بر این دارند که مصرف توام گوگرد و کودهای آلی اثری بمراتب بهتر از گوگرد تنها در افزایش عملکرد محصول و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک داشته است. سیادت و همکاران (۲) نیز گزارش کردند که اثر کودهای محتوی عناصر کم مصرف در عملکرد دانه گندم معنی دار بود. علم و فناوری نانو ساختارها یکی از زمینه های وسیع تحقیقاتی و کاربردی است که در سال های اخیر اهمیت ویژه ای یافته است. مواد نانو ساختار موادی هستند که حداقل در یک بعد، ابعادی کمتر از ۱۰۰ نانو متر داشته باشند. در برخی از موارد فیزیک مواد نانو ساختار باعث تفاوت خواص آنها با خواص مواد مشابه با اندازه دانه های بزرگتر می شود، لذا سبب شده تحقیقات وسیعی در این زمینه انجام گیرد(۱۰). با توجه به تولید انبوه ضایعات فولاد مبارکه اصفهان (حدود ۶۰۰۰ تن در سال) و پسماند های شهری (حدود ۰۷۰ تن در روز)، مشکل نگهداری آنها، آهکی بودن اکثر خاک های ایران، پایین بودن قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در آنها و مقرون به صرفه نبودن استفاده از کلات های آهن جهت جبران کمبود آن در گیاه، باعث شد تا با هدف بررسی مقایسه اثرات اکسید آهن نانو و معمولی همراه با کمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی در افزایش تولید گندم، افزایش اسیدیته خاک و افزایش قابلیت جذب آهن توسط گیاه این تحقیق در یک خاک آهکی به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش ها

پودر اکسید آهن ضایعاتی که از فرآیند اسید شویی ورقه‌های فولاد حاصل شده، دارای pH برابر ۲/۴ و به شدت اسیدی در سوسپانسیون ۱ به ۱۰۰ پودر اکسیدی و آب مقطر، است. حدود ۹۶/۵ درصد وزن آن را اکسیدهای آهن دو و سه ظرفیتی آهن تشکیل و مقدار عناصر دیگر به ویژه عناصرسنگین آلاینده نظیر کروم و سرب در این ماده بسیار ناچیز است. نانو پودر اکسید آهن به روش مکانیکی به وسیله آسیاب گلوله‌ای (Ball mill) تهیه شد. به منظور تعیین قطر ذرات نمونه پودری اندازهٔ ذرات به وسیله میکروسکوپ انتقال الکترونی (Transmission Electron Microscopic) تعیین شد (تصویر۱). در آزمایش گلدانی انجام شده در گلخانه دانشگاه فردوسی مشهد، گیاه گندم رقم آتیلا به عنوان گیاه مورد آزمایش در نظر گرفته شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار شامل پنج سطح پودر اکسید آهن معمولی (۰/۰۶-۰/۰۲ میلیمتر) (صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱) درصد وزن خاک، پنج سطح پودر نانو اکسید آهن (۲۵۰-۲۵ نانومتر) (صفر، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۵ و ۱) درصد وزن خاک و دو سطح کمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی (صفر و ۲) درصد وزن خاک انجام شد. خاک مورد آزمایش از عمق ۳۰ سانتی متری مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد برداشته شد. خواص فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. کود کمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی نیز دارای pH= ۶/۸، EC=۷/٤dS/m، ازت کل ۱/۳ درصد، فسفر کل ۰/۲ درصد و پتاسیم کل ۰/۲ درصد بود. برای کاشت از گلدانهای پلاستیکی با ظرفیت حدود ۱/۵ کیلوگرم استفاده شد. دو سانتیمتر ته گلدان با سنگریزه جهت کاهش تبخیر از سطح پر گردیدند. بعد از آن با اعمال تیمارها بر روی خاک های یک کیلوگرمی در هر گلدان، گلدانها آبیاری شدند و ۲۴ ساعت بعد تعداد ۴ بذر گندم در هر گلدان کاشت شدند. بعد از استقرار کامل گیاهچه، تعداد گیاه به ۲ عدد کاهش یافت. در طول دوره آزمایش آبیاری گلدانها ۲ روز یکبار به روش وزنی بر اساس ظرفیت زراعی انجام شد. طول دوره آزمایش ۴ ماه بود. درمرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، غلظت آهن گیاه با روش DTPA (۱۵)، طول سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن خشک کاه و کلش گیاه، وزن هزاردانه و وزن دانه در گلدان تعیین شدند. تجزیه آماری داده‌ها با برنامه MINITAB در قالب فاکتوریل به صورت طرح کاملاً تصادفی هر کدام با ۳ تکرار انجام و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد با نرم افزار MSTAT-C مقایسه شدند.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه

بافت	PH	EC	OM	N	CaCO3	Fe	Zn	Mn	Cu	P	K
	dS/m	(%)			(mg/kg)						
لوم رسی	۷/۴۶	۲/۰۵	۳۱	۰/۰۳	۱۴/۸	۳/۲	۱/۴	۵/۲	۰/۹	۱۲/۵	۱۱۲



تصویر ۱- بزرگنمایی ذرات نانو اکسیدآهن با میکروسکوپ انتقال الکترونی (TEM)

نتایج و بحث

با توجه به جدول۳ کاربرد پودر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی افزایش معنی داری در غلظت آهن گیاه طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش ، وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان در گندم داشته، ممکن است این افزایش به دلیل خاصیت نانو ذرات و حلالیت بیشتر آنها و شانس برخورد بیشتر ریشه ها به ذرات نانو نسبت به ذرات اکسید آهن معمولی باشد. مصرف کود کمپوست با مقدار ۲ درصد وزنی خاک باعث افزایش معنی دار غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن خشک کاه و کلش ، وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان در گندم شد (جدول۴). گزارش های زیادی حاکی از افزایش اجزای عملکرد گیاهان توسط لجن فاضلاب (۱۷)، کمپوست لجن فاضلاب، کمپوست مواد جامد شهری (۱۶) ارائه شده است. با توجه به جدول ۵ متناسب با افزایش مقادیر اکسید آهن، غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش، وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان در گندم نیز افزایش یافته که این افزایش معنی دار بود. افزایش غلظت آهن گیاه با افزایش مقادیر اکسید آهن، احتمالا به دلیل توانایی پودر اکسیدی در فراهمی آهن قابل جذب گیاه در شرایط آزمایش و نیز تأثیر ریشه و مکانیسم های اتخاذی گیاه در جذب آهن از پودر اکسیدی بود. آندرسون و پارکپیان (۷) گزارش کردند که با کاربرد مقادیر ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام از یک محصول فرعی صنایع فولاد در خاک لوم، غلظت آهن در گیاهان این خاک افزایش داشت. در همه صفات مورد بررسی اکسید آهن صفر و ۰/۰۵درصد وزنی خاک کمترین تأثیر را نشان داده که نسبت به سایر مقادیر اکسید آهن معنی دار بودند، همانتارانجان و جارج (۱۱) نشان دادند که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی دار تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گردید. همانطور که در جدول ۶ مشاهده می شود اثر متقابل کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی و نوع اکسید آهن (نانو و معمولی) تأثیر معنی داری بر غلظت آهن گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن خشک کاه و کلش و وزن دانه در گلدان در گندم داشت، ولی بر طول سنبله، ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه اثر معنی داری نداشت. وزن هزار دانه از فاکتور هایی است که بیشتر زیر تأثیر کنترل ژنتیکی است و از توارث پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر زیر تأثیر عوامل محیطی از جمله حاصلخیزی خاک ها قرار می گیرد (۱). تیمار اکسیدآهن نانو با ۲ درصد کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی دارای بیشترین تأثیر بر افزایش غلظت آهن گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش و وزن دانه در گلدان بوده، درحالیکه کمترین تأثیر بر این صفات را تیمار اکسید آهن معمولی با کمپوست صفر داشت که نسبت به سایر تیمارها معنی دار بود. افزایش این پارامترها احتمالاً بدلیل حلالیت بیشتر و رسوب کمتر نانو ذرات می باشد. همچنین کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی در کلاته کردن این پودرها و حلالیت بیشتر آنها موثر بود. احتمالا

ذرات اکسید آهن نانو به دلیل کوچک بودنشان کمپلکس های بیشتری نسبت به اکسید آهن معمولی با کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی تشکیل داده و با این تفسیر حلالیت آهن بیشتر شده و جذب آهن توسط گیاه راحتتر انجام گرفته است. در تحقیقی مشخص شد که مواد آلی با کمپلکس نمودن عناصر غذایی، جذب آنها توسط گیاهان را افزایش می دهند (۱۹). همانطور که در جدول ۷ مشاهده می شود اثر متقابل کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی و مقادیر اکسید آهن بر غلظت آهن و همه صفات مورد بررسی به غیر از کل وزن خشک کاه و کلش گیاه گندم معنی دار شد. با افزایش مقادیر اکسید آهن همراه باکمپوست گرانوله گوگردی، غلظت آهن در گیاه افزایش یافته که احتمالاً به دلیل خاصیت اسیدی پودرها و همچنین گوگرد موجود در کود کمپوست و تشکیل کمپلکس بیشتر آهن توسط ماده آلی می باشد. درتحقیقی مشخص شد که مواد آلی باکمپلکس نمودن عناصر غذایی، جذب این عناصر توسط گیاهان را افزایش می دهند (۱۹). ظاهراً کود کمپوست اضافه شده به اکسید آهن باعث افزایش تحرک آهن در خاک شده است. همچنین تأثیر مثبت عناصر غذایی کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی در افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم های خاک و فراهمی عناصر غذایی بیشتر در خاک است (۱۴). افزایش زیست توده گیاه در اثر افزودن کود های آلی در مطالعات زیادی نیز گزارش شده است (۱۳). نتایج به دست آمده در جدول ۸ نشان داد اثر متقابل نوع اکسید آهن (نانو و معمولی) و مقادیر آنها بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن خشک کاه و کلش، وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان در گندم معنی دار شد. متناسب با افزایش هر دو نوع اکسید آهن، غلظت آهن گیاه افزایش داشته که این افزایش در تیمارهای اکسید آهن نانو نسبت به تیمارهای اکسید آهن معمولی بیشتر بوده که احتمالا به دلیل حلالیت بیشتر و قابلیت فراهمی بیشتر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی است. تیمار اکسید آهن نانو ۱ درصد نسبت به سایر تیمارها حداکثر تأثیر در افزایش مقدار غلظت آهن در گیاه و همه صفات مورد مطالعه دارا بود که نسبت به سایر تیمارها این افزایش معنی دار شد. در تحقیقی در خصوص تأثیر اکسیدآهن بر گیاهان گزارش شد که وزن خشک گیاهان با کاربرد اکسیدآهن افزایش می یابد (۵).

با توجه به نتایج بدست آمده اکسید آهن نانو بدلیل حلالیت و فراهمی ذرات بیشتردر خاک، دارای قابلیت بیشتری برای جذب توسط گیاه گندم بوده که در نتیجه موجب افزایش، غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش، وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان در گندم شد. این امر به دلیل خصوصیت این مواد از جمله سطح ویژه بالای آنها، حلالیت زیاد آنها و سبک و کوچک بودن آنهاست که لازم است در خاک هایی با خصوصیات دیگر مورد بررسی قرار گیرند. همچنین افزودن کود کمپوست پسماند شهری به خاک باعث تأثیر مثبت بر غلظت آهن گیاه گندم و صفات مورد مطالعه شد. با توجه به نتایج این مطالعه پیشنهاد می شود جایگزین کردن کمپوست گرانوله گوگردی با کودهای شیمیایی به دلیل فواید آن و اینکه منبع کودی ارزانتری است مورد توجه واقع شود و در سطح وسیع مزارع گندم به کار رود.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس مربوط به عوامل غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان در گندم

	(MS)میانگین مربعات							
منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت آهن گیاه	طول سنبله	ارتفاع گیاه	وزن دانه در سنبله	کل وزن کاه و کلش گیاه	وزن هزار دانه	وزن دانه در گلدان
نوع اکسیدآهن	۱	۱۴/۷*	۰/۶۴*	۷۰/۵۷*	۲/۷۶*	۱/۱۴*	۱۷۰/۴۶*	۱۲/۵۳*
غلظت اکسیدآهن	۴	۱۰۶/۴۳*	۵/۱*	۱۶۱/۰۶*	۳/۵۳*	۲/۲۷*	۲۱/۴۸*	۱۴/۵۱*
کمپوست	۱	۱۰۸/۵۴*	۴/۰۹*	۷۸/۳۶*	۰/۹۶*	۵/۰۴*	۱۹۵/۴۸*	۴/۴*
نوع اکسیدآهن ×مقدار	۴	۱/۷۵*	۰/۱۹*	۱۱/۸*	۰/۴*	۰/۱۵*	۷/۲۵*	۱/۷۷*
نوع اکسیدآهن ×کمپوست	۱	۰/۱۸۲*	۰/۰۰۴	۰/۰۶۵	۰/۴۱*	۰/۳*	۰/۰۰۴	۱/۶۷*
مقدار×کمپوست	۴	۱/۱۲*	۰/۲۱۰*	۱/۰۱۲*	۰/۰۵۹*	۰/۱	۱/۸۷*	۰/۱۳۸*
خطا	۴۴	۰/۱۴	۰/۰۰۶۴	۰/۰۶۳	۰/۰۰۸۷	۰/۰۲۴	۰/۱۴۴	۰/۰۳۵*
کل	۵۹							

*: در سطح آماری ۵٪ معنی دار است.

جدول۳- اثراکسیدآهن نانو و معمولی بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان

صفات مورد بررسی / نوع اکسیدآهن	غلظت آهن گیاه (mg/kg)	طول سنبله (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن دانه درسنبله (g)	کل وزن کاه و کلش گیاه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	وزن دانه در گلدان (g/pot)
نانو	**۸۰**a	۵/۴a	۵۸/۲a	۱/۷a	۳/۶a	۵۴/۸a	۳/۴a
معمولی	۷۹b	۵/۲b	۵۶/۱b	۱/۳b	۳/۴b	۵۳/۶b	۲/۵b

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی دار نمی باشند.

جدول٤- اثر کودکمپوست پسماند شهری گرانوله گوگردی (٪) بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان

صفات مورد بررسی / کمپوست (٪)	غلظت آهن گیاه (mg/kg)	طول سنبله (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن دانه درسنبله (g)	کل وزن کاه و کلش گیاه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	وزن دانه در گلدان (g/pot)
صفر	۷۸/۲b	۵b	۵۶b	۱/۳b	۳/۲b	۵۲/۳b	۲/۷b
۲	۸۰/۹a	۵/۶a	۵۸/۳a	۱/۶a	۳/۸a	۵۷a	۳/۲a

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی دار نمی باشند.

جدول٥- اثر مقادیرمختلف اکسیدآهن بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان

صفات مورد بررسی / مقادیر اکسید آهن (٪)	غلظت آهن گیاه (mg/kg)	طول سنبله (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن دانه درسنبله (g)	کل وزن کاه و کلش گیاه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	وزن دانه در گلدان (g/pot)
۰	**۷٦/۵**e	۴/۶d	۵۳/۶e	۰/۹d	۳c	۵۰/۲d	۱/۸d
۰/۰۵	**۷۷**d	۴/۷d	۵۳/۹d	۰/۹d	۳/۱c	۵۰/۴d	۱/۹d
۰/۱	**۷۹/٤**c	۵/۴c	۵۶/۵c	۱/۵c	۳/۶b	۵۴/۹c	۳c
۰/۵	**۸۱/۲**b	۵/۸b	۶۰/۷b	۱/۸b	۳/۹a	۵۶/۹b	۳/۶b
۱	**۸۳/۷**a	۶a	۶۱/۳a	۲/۲a	۳/۹a	۵۸/۴a	۴/۴a

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی دار می باشند.

جدول٦- اثر متقابل اکسیدآهن نانو و معمولی و کمپوست بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان

صفات مورد بررسی / نوع اکسیدآهن / کمپوست(٪)		غلظت آهن گیاه (mg/kg)	طول سنبله (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن دانه درسنبله (g)	کل وزن کاه و کلش گیاه(g/pot)	وزن هزار دانه (g)	وزن دانه در گلدان (g/pot)
نانو	صفر	۷۸/۸c	۵/۲a	۵۷/۱a	۱/۷b	۳/۳c	۵۳a	۳/۳b
نانو	۲	۸۱/۳a	۵/۷a	۵۹/۵a	۱/۸a	۴a	۵۶/۶a	۳/۵a
معمولی	صفر	۷۷/۷d	۴/۹a	۵۵a	۱d	۳/۱d	۵۱/۸a	۲d
معمولی	۲	۸۰/۵b	۵/۵a	۵۷/۲a	۱/۵c	۳/۶b	۵۵/۶a	۲/۹c

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی دار نمی باشند.

جدول۷- اثر متقابل مقادیر اکسید آهن و کمپوست بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان

صفات موردبررسی / مقادیر اکسیدآهن(٪) / کمپوست(٪)		غلظت آهن گیاه(mg/kg)	طول سنبله (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن دانه در سنبله (g)	کل وزن کاه و کلش گیاه (g/pot)	وزن هزار دانه (g)	وزن دانه در گلدان (g/pot)
صفر	صفر	۷۵j	۴/۵g	۵۲/۲h	۰/۸f	۲/۷a	۴۸/۲h	۱/۶۵f
۰/۰۵	صفر	۷۵/۵i	۴/۵g	۵۲/۳h	۰/۹f	۲/۷a	۴۸/۴h	۱/۷f
۰/۱	صفر	۷۷/۹h	۵/۱e	۵۲/۵g	۱/۴d	۳/۳a	۵۳/۶f	۲/۸d
۰/۵	صفر	۷۹/۹e	۵/۵d	۵۵f	۱/۶c	۳/۶۳a	۵۴/۷e	۳/۲c
۱	صفر	۸۲/۹b	۵/۶c	۵۵/۲f	۲b	۳/۶a	۵۶/۹c	۴b
صفر	۲	۷۸g	۴/۷f	۵۷/۸e	۱e	۳/۳a	۵۲/۲g	۲e
۰/۰۵	۲	۷۸/۵f	۴/۸f	۵۹/۹d	۱e	۳/۴a	۵۲/۳g	۲/۱e
۰/۱	۲	۸۱d	۵/۶c	۶۰/۵c	۱/۶c	۳/۸a	۵۶/۳d	۳/۳c
۰/۵	۲	۸۲/۵c	۶/۱b	۶۱/۴b	۲b	۴/۲a	۵۹/۳b	۴b
٪۱	۲	۸۴/۵a	۶/۵a	۶۲/۲a	۲/۴a	۴/۲a	۵۹/۹a	۴/۸a

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی دار می باشند.

جدول۸- اثر متقابل اکسیدهای آهن نانو و معمولی و مقادیرآنها بر غلظت آهن، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه درسنبله، کل وزن کاه و کلش و وزن هزار دانه و وزن دانه در گلدان

صفات مورد بررسی / نوع اکسیدآهن / مقادیر اکسیدآهن (٪)		غلظت آهن گیاه (mg/kg)	طول سنبله (cm)	ارتفاع گیاه (cm)	وزن دانه در سنبله (g)	کل وزن کاه و کلش گیاه(g/pot)	وزن هزار دانه (g)	وزن دانه در گلدان (g/pot)
نانو	صفر	۷۶/۵h	۴/۶g	۵۳/۶hi	۰/۹g	۳d	۵۰g	۱/۹g
نانو	۰/۰۵	۷۷/۲f	۴/۶fg	۵۳/۹g	۰/۱g	۳/۱d	۵۰/۲fg	۲g
نانو	۰/۱	۸۰/۴d	۵/۵d	۵۷/۹e	۱/۱c	۳/۷b	۵۵/۸d	۳/۸c
نانو	۰/۵	۸۱/۹c	۶b	۶۲/۵b	۲/۱b	۴/۱a	۵۸/۶b	۴/۲b
نانو	۱	۸۴/۴a	۶/۲a	۶۳/۴a	۲/۶a	۴/a2	۵۹/۳a	۵/۳a
معمولی	صفر	۷۶/۵h	۴/۶fg	۵۳/۶i	۰/۹g	۳d	۵۰/۴fg	۱/۸g
معمولی	۰/۰۵	۷۶/۸g	۴/۷f	۵۳/۹gh	۰/۹g	۳d	۵۰/۵f	۱/۸g
معمولی	۰/۱	۷۸/۵e	۵/۲e	۵۵f	۱/۲f	۳/۴c	۵۴/۱e	۲/۳f
معمولی	۰/۵	۸۰/۵d	۵/۶d	۵۸/۸d	۱/۵e	۳/۷b	۵۵/۴d	۳e
معمولی	۱	۸۳b	۵/۹c	۵۹/۳c	۱/۸d	۳/۶b	۵۷/۵c	۳/۵d

اعداد موجود در هر ستون در صورت داشتن حروف مشابه درسطح اطمینان ۵٪ معنی دار نمی باشند.

منابع

۱- امید بیگی، ا. ۱۳۷۹. رهیافتهای تولید و فناوری گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات طراحان نشر.

۲- سیادت، س. ع.، س. ا. هاشمی دزفولی، م. رادمهر، و غ . ع، لطفعلی آینه. ۱۳۷۸. تأثیر عناصر کم مصرف بر عملکرد و روند جذب ازت، فسفر و پتاسیم توسط گندم. خلاصه مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه مشهد، ایران.

۳- ضیائیان، ع. ا.، و م.ج. ملکوتی. ۱۳۷۹. بررسی گلخانه ای اثرات مصرف آهن،منگنز،روی ومس بر تولید گندم در خاکهای شدیدا آهکی استان فارس. تغذیه متعادل گندم. مجموعه مقالات. نشرآموزش کشاورزی. ۵۴۴ صفحه. تهران.

۴- کلباسی، م.۱۳۷۴. کلروزآهن در گیاهان و راههای مبارزه با آن، سازمان پارکها و فضای سبز اصفهان.

۵- فروهر، م. ۱۳۷۸. بررسی امکان استفاده از پودر اکسید آهن ضایعاتی حاصل از فرایند اسید شویی فولاد به عنوان کود آهن، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

6- Agraval, H.P. 1992. Assessing the micronutrient reqirement of winter wheat. Commun. Soi Sci. J. 23: 2555- 2568.

7- Anderson, W., and B. Parkpian. 1984. Plant availability of an iron waste product utilized as an agricultural fertilizer on calcareous soil. Plant Nutr.J. 7:223-233.

8- Bindra, A.S. 1983. Iron Chlorosis in Horticulure and Feild Crops. Kalyani Publishers. New Delhi.India.

9- Cifuentes, F.R., and W.C. Lindman. 1993. Organic matter stimulation of element sulfur oxidation in calcareous soil. Am. J., 27: 727-731.

10- Gleiter, H. 1989. Progress in materials science. Nano Technology. J. 33: 223-315.

11- Hemamantaranjan, A., and O.K. Garg. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of wheat. Plant Nutr. J, 11: 1439-1450.

12- Mortvedt, J.J. 1986. Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problems. Plant Nutr. J. 6: 674-961.

13- Pere-Murica, M.D., R. Moral, J. Moreno-Caselles and A. Perez-Espinosa. 2006. Use of composted sewage in growth media for broccoli. Bioressource Technology.J. 97: 123-130.

14- Powlson, D.S., P.C. Brookes and B.T. Christensen. 1987. Measturment of soil microbial biomass provides and early induction of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. Soil Biology and Biochemistry.J. 19: 159-164.

15- Rayan, J.R., Estefan, G., and Rashid, A. 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. 2nd edition.ICARDA. Syria.

16- Soumare, M., F.M. Tack and M.G. Verloo. 2003. Effect of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bio Technology. J. 86: 15-20.

17- Tamoutsidis, E., I. Papadopoulos, S. Tokatlidis and T. Mavropoulos. 2003. Wet sewage aloe application effect on soil properties and element content of leaf and root vaggetables. Plant Nutr. J, 25: 1941-1955.

18- Tandon, H.L. 1995. Micronutrients in soils, crops and fertilizers, A sourcebook –cum- Directery. Fertilizer Derelopment and Consultation Organisation, New Dehli, India.

19- Tombacz, E., and J.A. Rise. 1999. Changes of colloidal State in aqueous systems of humic acids.In:Ghabbour, E.A.and davies, (eds), Undestanding humic substances:Advanced Methods, Properties and applications. Society of chemistry, cambridge,UK. 69-77.

20- Yen, P.Y., W.P. Inskeep and R.L. westerman. 1988. Effects of soil moisture and phosphoruse fertilization on iron chlorosis of sorghum. Plant Nutr. J. 11: 1511-1531.