مقاله پژوهشی

بررسی غلظت عناصر غذایی کم مصرف دو رقم گندم با کاربرد تلفیقی کودهای کمپوست گرانوله گوگردی و نیتروژن

نسیم رنج‌کش (نویسنده مسئول)*

*دکتری، گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران، Nasim.ranjkesh@gmail.com

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۱ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۱

Investigating the Concentration of Micronutrients of two Wheat Cultivars by Integrated Application of Sulfur Granular Compost and Nitrogen Fertilizers

Nasim Ranjkesh (Corresponding author)*

*Ph.D, Department of Agronomy, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran, Nasim.ranjkesh@gmail.com

Received: October 2022 Accepted: January 2022

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر کودهای کمپوست گرانوله گوگردی و نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی گندم، با هدف استفاده بهینه از کودهای آلی و شیمیایی برای دستیابی به کشاورزی پایدار، در قالب طرح کاملاً تصادفی، بصورت فاکتوریل با ۹۶ تیمار و در چهار تکرار در شرایط گلدانی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل اجرا گردید. فاکتور اول شامل سه سطح نیتروژن از منبع کود اوره (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و فاکتور دوم شامل چهار سطح کود کمپوست گرانوله گوگردی (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم خاک) و فاکتور سوم (ارقام N8019 و دریا) بود. براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، مصرف توأم کودهای آلی و نیتروژن منجر به افزایش غلظت عناصر آهن، روی، منگنز و مس گندم در مقایسه با شاهد و کاربرد به تنهایی کودهای آلی و نیتروژن شد. به‌طوریکه کاربرد تلفیقی ۱۰ گرم در کیلوگرم کود کمپوست به‌همراه مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن، افزایش غلظت عناصر آهن و منگنز را موجب گردید. از سوی دیگر علیرغم افزایش عناصر روی و مس، روند جذب این دو عنصر در گیاه از تغییرات نامنظمی برخوردار بود. به‌نظر می‌رسد گیاه گندم دستخوش فعل و انفعالات به‌وجود آمده میان عناصر و کود کمپوست به‌واسطه حضور احتمالی فلزات سنگین و ممانعت آنها در فرایندهای بیولوژیکی شده است. همچنین هر دو رقم نسبت به کاربرد توأم کودهای نیتروژن و کمپوست اثر مثبت نشان دادند، اما رقم N8019 بر رقم دریا ارجحیت داشت.

کلمات کلیدی: عناصر کم مصرف، کشاورزی ارگانیک، کشت گلدانی، گندم

Abstract

In order to study the effects of sulfur granular compost and nitrogen fertilizers on nutrient concentration of iron, zinc, manganese and copper in wheat shoots, with the aim of optimum using of chemical and organic fertilizers for achieving sustainable agriculture, were studied as completely randomized factorial design with 96 treatments and four replicates at pot conditions in Gharakhil Agricultural Research Station. The first factor was consisted of three levels of nitrogen (zero, 25 and 50 mg/kg of soil) applied in the form of urea and the second factor was consisted of four levels of sulfur granular compost (zero, 5, 10 and 15 g/kg of soil) and the third factor (cultivars N8019 and Darya). As data showed, integrated use of organic fertilizers with nitrogen fertilizer (urea), Increased concentration of iron, zinc, manganese and copper in wheat compared to the control and the use of nitrogen and organic fertilizers alone. So, the combined application of 50 mg/kg nitrogen along with 10 g/kg of compost increased concentration of iron and manganese.

On the other hand, despite the increase in zinc and copper, the uptake of these two elements in plant were with Irregular changes. It seems, wheat was undergo interactions between the elements and compost by the possible presence of heavy metals and inhibition in biological processes. So, both cultivars showed a positive response to the combined application of nitrogen and compost fertilizers. N8019, however, was significantly superior to Darya.

Keywords: Micro nutrients, Organic agricultural, Pot cultivation, Wheat

مقدمه و کلیات

گندم (*Triticum aestivum* L.) یک محصول بسیار مهم راهبردی بوده که هر ساله سطح وسیعی از اراضی جهان به کشت آن اختصاص می‌یابد. بنابراین مصرف بهینه کودها می‌تواند منجر به صرفه‌جویی‌های چشمگیر در هزینه‌ی تولید این محصول و حفظ محیط زیست شود. تأمین مقادیر مناسب عناصر غذایی یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد گندم می باشد. از جمله این عناصر می توان به تأمین عناصر کم مصرف اشاره نمود که اهمیت آنها در تغذیه گیاهان کمتر از عناصر پرمصرف نیست (Ahmad and *et al*., 2013). نیتروژن به جهت اینکه تشکیل دهنده بخش عمده سلول و تولید پروتئین می‌باشد. لذا برای رشد گیاه بسیار ضروری است (Ibrahim and *et al*., 2010). مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی و بیولوژیک خاک دارند به عنوان یکی از ارکان تغذیه گیاه و باروری خاک شناخته شده‌اند. از اینرو کودهای آلی مهم ترین عامل فراهمی ماده آلی در ریزوسفر گیاه می‌باشند (*Tejada and et al.*, 2008). کاربرد مواد آلی از جمله باقیمانده‌های محصول، کودهای کمپوست مانند کمپوست زباله های شهری، روستایی و پسماندهای صنعتی به منظور افزایش فراهمی زیستی از مواد مغذی خاک و افزایش راندمان مصرف کود، به عنوان یک راهکار مناسب جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی محسوب می‌شوند (Malik and *et al*., 2013). کمپوست به‌دلیل حفظ ثبات بالا از دانه‌بندی خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک به‌منظور افزایش بهره‌وری خاک، کاهش تخریب خاک و در نتیجه به حداقل رساندن آلودگی محیط زیست حائز اهمیت می‌باشد (Wang and *et al*., 2013). کودهای آلی به‌تنهایی نمی‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشند. لذا مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، راهکاری مؤثر به‌جهت تأمین سریع‌تر مواد مغذی موجود در کود شیمیایی و افزایش کارایی کودهای آلی به‌منظور افزایش تولید محصول و حفظ عملکرد در سطح مطلوب محسوب می‌شود (Ahmad and *et al*., 2013). در آزمایشی جذب کلان عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم) و عناصر کم مصرف (آهن، روی و مس) با استفاده از کمپوست در گیاه گندم گزارش شده است. محققین علت این امر را اثر مثبت کمپوست بر خواص فیزیکی خاک و در نهایت اثر مثبت آن بر رشد و عملکرد گیاه ذکر نمودند (Hafidi, 2012). با افزایش pH و اسیدی شدن خاک به‌دلیل کاربرد کودهای آلی، غلظت عناصر آهن، روی، منگنز و مس خاک در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت.Rutkowska و همکاران، ۲۰۱۴ در تحقیقی دیگر با کاربرد درازمدت کودهای آلی (دامی)، همراه با افزایش کود آلی، ماده آلی خاک و فراهمی عنصر روی گیاه افزایش یافت. اما غلظت عناصر مس و منگنز قابل دسترس برای گیاهان روند نزولی داشت (Singh and *et al*., 2010; Fan and *et al*., 2011). کود کمپوست گرانوله گوگردی مورد استفاده در این پژوهش از صنایع چوب و کاغذ مازندران که بزرگترین تولید کننده کاغذ از چوب در کشور می‌باشد، تهیه شده است. با توجه به گسترش جمعیت و نظر به آنکه گندم بخش عمده غذای بشر

را تشکیل میدهد، بهبود تغذیه این محصول از نظر عناصر کم مصرف میتواند نقش مهمی در تأمین نیاز مصرف‌کنندگان داشته باشد و از سویی دیگر با توجه اهمیت مواد آلی در توان تولیدی خاکها و متغیر بودن ویژگیهای کمپوست بسته به هر منطقه، ضروری به نظر می‌رسد، این نوع مطالعات در مناطق و شهرهای مختلف و بر محصولات و ارقام مختلف انجام و پیامد آن بررسی گردد. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود کمپوست گرانوله گوگردی (تولیدی صنایع چوب و کاغذ مازندران) و کود نیتروژن (اوره) بر غلظت عناصر غذایی کم مصرف ارقام گندم (N8019 و دریا) انجام شد.

فرآیند پژوهش

این پژوهش بصورت گلدانی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قراخیل واقع در شهرستان قائم‌شهر به اجرا در آمد. جهت تعیین خاک مورد نظر برای آزمایش، چندین نمونه خاک زراعی از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری برداشت گردید و پس از آزمون، خاکی که کمترین مقدار کربن آلی را دارا بود برای این منظور انتخاب گردید. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک مورد استفاده قبل از کاشت در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح نیتروژن از منبع کود اوره (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) به عنوان فاکتور اول و چهار سطح کود کمپوست گرانوله گوگردی (۱۵ درصد گوگرد)، تولیدی صنایع چوب و کاغذ مازندران (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم خاک) به عنوان فاکتور دوم و ارقام N8019 و دریا به‌عنوان فاکتور سوم محاسبه و مصرف گردید. ارقام N8019 و دریا از ارقام رایج کشت گندم در استان مازندران به‌شمار می‌روند. مشخصات کود در جدول ۲ گردآوری شده است. ابتدا خاک به‌خوبی نرم و کوبیده و پس از خشک شدن در هوا از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس نمونه‌های ۱۰ کیلوگرمی از خاک توزین و تیمارهای آزمایشی با توجه به مقادیر ذکر شده در هر گلدان اعمال شد. آنگاه در نیمه اول دی ماه در هر گلدان ۱۵ عدد بذر گیاه گندم که قبلا با آب مقطر خیسانده شده بودند، با فواصل منظم و در عمق حدود دو سانتی‌متری خاک در گلدان‌های موردنظر کشت شدند. مجموعاً ۹۶ گلدان برای اجرای آزمایش استفاده شد. به‌منظور کنترل رطوبت نمونه‌ها، پس از اضافه کردن خاک و کودها به گلدان ها، گلدان ها از آب اشباع شده و پس از خروج آب اضافی و ثابت شدن رطوبت نمونه ها (حد ظرفیت مزرعه ای)، آبیاری گلدان ها با هدف جلوگیری از خشک شدن سطح خاک گلدان‌ها و حفظ رطوبت به طور یکسان برای تمامی تیمارها انجام شد. پس از جوانه‌زنی بذرها و اطمینان از استقرار گیاهچه‌ها به منظور حصول تراکم مناسب، عمیات تنک کردن در دو مرحله قبل از پنجه‌زنی انجام و تعداد بوته‌ها به ۱۰ عدد در هر گلدان کاهش داده شد که بدین منظور بوته‌های سالم تر و قوی‌تر نگه‌داری شدند. عملیات برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و با زرد شدن کامل سنبله‌ها در اوایل خرداد ماه صورت گرفت. بدین منظور گیاهان از محل طوقه قطع شدند و وزن تر آنها با استفاده از

ترازوی دیجیتال تعیین و سپس نمونه‌های گیاهی با قرار دادن در پاکت‌های کاغذی کدگذاری شده به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های گیاهی برداشت شده پس از شستشو با آب مقطر، به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک و پس از توزین با آسیاب برقی پودر گردید و سپس نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد. آنگاه برای تجزیه گیاه، یک گرم از ماده خشک گیاهی در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به صورت خاکستر در آمد. خاکستر گیاهی حاصل با استفاده از اسید کلریدریک دو مولار عصاره گیری و از کاغذ صافی عبور داده شد (Chapman and Pratt, 1961) جهت محاسبه غلظت عناصر ریزمغذی (آهن ، منگنز، مس و روی) قابل دسترس از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای A.A.S استفاده شد (Perkin, 1981). محاسبات آماری بر مبنای تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده شده

Table 1- Physical and chemical characteristics of the used soil

کلاس بافت	لای	رس	CCE	OM	pH_e	EC_e	N	K	P	Fe	Mn	Cu	Zn
			(٪)			(dS/m)	(mg/kg)						
لوم	۵۴	۲۰	۹/۷۸	۰/۸۷	۷/۵۱	۱/۲۹	۰/۰۷۳	۴۰۳/۵	۱۸/۲	۴/۴۲	۶/۳۲	۰/۷۳	۱/۱۶

قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباعECe: ماده آلی، OM (Organic matter):کربنات کلسیم معادل، CEC (Calcium carbonate equivalent):

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کود کمپوست گرانوله گوگردی استفاده شده

Table 2- Chemical characteristics of the used sulfur granulated compost fertilizer

C/N	OC	OM	EC (1:5) (v/v) (dS/m)	pH (1:5) (v/v)
	(٪)			
۲۶/۴۵	۴۱	۳۰/۶	۳/۱۸	۷/۶۱

Pb	Cd	Mn	Zn	Cu	Fe	N	P	K
		(mg/kg)				(٪)		
۱۹	۱/۴	۴۹۶	۱۰۹	۲۹/۵	۴۴۳۱	۱/۵۵	۰/۱۸	۰/۳

EC(1:5): قابلیت هدایت الکتریکی عصارهٔ ۱به ۵ کود آلی به آب مقطر، OC (Organic carbon):کربن آلی، C/N: نسبت کربن به نیتروژن

نتایج و بحث

غلظت آهن بخش هوایی: مصرف کود نیتروژن سبب افزایش غلظت آهن در مقایسه با تیمار شاهد شد. ولی میان دو سطح ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اختلاف معنیداری از نظر آماری مشاهده نشد (شکل ۱). با مصرف کود کمپوست گرانوله گوگردی، میزان غلظت آهن معادل ۶/۹ نسبت به تیمار شاهد فزونی یافت. از سوی دیگر افزایش سطح کود آلی از ۱۰ به ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، منجر به کاهش غلظت آهن بخش هوایی گندم شد که با سطح دوم کود کمپوست مصرفی در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۱). روند افزایشی غلظت آهن در اندام هوایی گندم، تحت تأثیر افزایش میزان کمپوست در شکل ۲ به خوبی بیانگر اثر مثبت کمپوست بر این صفت می‌باشد. به طوریکه حداکثر غلظت آهن تحت اثر متقابل نیتروژن در کود کمپوست با کاربرد توأم ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و کمترین غلظت با مصرف ۱۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و عدم مصرف نیتروژن بدست آمد (شکل ۲). افزایش غلظت آهن را می‌توان ناشی از فراهمی بیشتر غلظت آهن در کود آلی مورد استفاده نسبت به خاک (جدول ۲) و بهبود آن بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ذکر نمود. زیرا با مصرف کودهای آلی بسیاری از مواد مغذی موجود در خاک آزاد و در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (Hu and ki, 2013). همچنین افزون بر دلایل ذکر شده نقش اکسیداسیون گوگرد در کمپوست گرانوله و اثر آن در کاهش pH خاک را نباید از نظر دور داشت. علت تأثیر کود در افزایش غلظت آهن گیاه، احتمالاً افزایش فعالیت میکروبی در اثر کاربرد کود و وجود گوگرد در آن، اکسیداسیون گوگرد به وسیله باکتری‌ها، کاهش pH خاک و تولید اسید آلی و معدنی شدن ماده آلی خاک و پیرو آن افزایش عناصر غذایی از جمله آهن قابل جذب گیاه است (Wainwright, 1984). حداکثر غلظت آهن تحت اثر سه‌گانه نیتروژن در کمپوست در رقم، به رقم N8019 و حداقل میزان غلظت به رقم دریا تعلق داشت. به طوری‌که رقم N8019، با مصرف توأم ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست، از بالاترین میزان غلظت برخودار بود که در قیاس با تیمار شاهد ۴۵/۲ درصد افزایش نشان داد. کاربرد ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن همراه با مصرف ۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست کمترین میزان غلظت را به خود اختصاص داد (جدول ۳). اما حداکثر غلظت آهن در رقم دریا با مصرف تلفیقی ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن همراه با ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست مشاهده شد. درحالیکه کمترین میزان غلظت در این رقم با مصرف کمتر کود کمپوست (۵ گرم بر کیلوگرم) و عدم مصرف کود نیتروژن بدست آمد (جدول ۳).

غلظت روی بخش هوایی: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کود نیتروژن و افزایش سطح آن اثر معنی‌دار بر غلظت روی اندام هوایی گندم ندارد (شکل ۱). احتمالا غیر معنیدار شدن به این دلیل بوده است که در سطوح مختلف نیتروژن سرعت رشد بخش هوایی گندم با سرعت انتقال روی به بخش هوایی یکسان و هم راستا نبوده است. از سوی دیگر

بی‌تردید تمام کود مصرفی در خاک گلدان، جذب گیاه گندم نگردید و مقداری از نیتروژن مورد استفاده در خاک از طریق نیترات زدایی و تصعید از دسترس گیاه خارج گردید. عوامل بسیاری مانند رشد ریشه، پتانسیل آب، خاک و شرایط آب و هوایی، غلظت کل و قابل دسترس از مواد مغذی مختلف و جذب آنها توسط گیاه را تحت تاثیر قرار (and *et al.*, 2010 Ibrahim). مصرف کود کمپوست، به تنهایی سبب کاهش میزان غلظت عنصر روی شد. به‌طوری که در سطح چهارم کود کمپوست (۱۵گرم بر کیلوگرم) به کمترین حد خود رسید (شکل ۱). این موضوع می‌تواند دال بر تأثیر کاهشی کود آلی به دلیل حضور احتمالی فلزات سنگین و بر هم زدن تعادل فراهمی عناصر غذایی و همچنین بالا بودن نسبت C/N کود آلی مورد استفاده (جدول ۲) به‌ویژه در مراحل اولیه رشد باشد. در صورتی‌که کمپوست استفاده شده به خوبی فرآوری شده باشد (نسبت C/N آن کمتر از۱:۱۰ باشد)، افزودن آن به خاک منجر به بهبود رشد رویشی گیاه می‌شود (Sullivan, 2002). از نتایج مقایسه میانگین چنین استنباط می‌شود که کاربرد تلفیقی ۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن سبب افزایش ۸/۷ درصدی غلظت روی در اندام هوایی گندم نسبت به عدم کاربرد آنها می‌شود. ولی میان سطوح اول و سوم نیتروژن تفاوت معنیدار وجود ندارد. به نظر می‌رسد در این آزمایش نیاز گیاه گندم به نیتروژن با مصرف ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تأمین شده و افزایش سطح نیتروژن تاثیر معنیدار بر غلظت روی نداشته است. بر این اساس در روش تلفیقی میتوان با مقدار نیتروژن کمتر عملکرد بالا را حفظ نمود. همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می شود، آنچه مسلم است جذب روی در تمامی سطوح نیتروژن در بالاترین سطح کود کمپوست (۱۵ گرم بر کیلوگرم) تنزل یافت (شکل ۳). فرضیه‌ای که در این مورد می‌توان ذکر کرد، وجود رابطه آنتاگونیستی میان آهن و روی است که سبب کاهش و اختلال جذب روی می‌گردد. بر اساس مطالعات بدست آمده در خصوص برهمکنش عناصر ریزمغذی در گندم، افزایش آهن موجب کاهش غلظت روی در گیاه می‌گردد و بدین ترتیب، آهن جذب و همچنین سمیت احتمالی روی در گیاه کاهش می‌یابد. از اینرو احتمالاً عناصر روی و آهن در فرایند جذب و ممانعت از فرایندهای کلاته شدن در طی جذب و انتقال آهن از ریشه ها به اندام هوایی با هم رقابت می‌کنند. بر این اساس محققین اظهار داشتند فعل و انفعالات بالقوه عناصر هرگز نباید نادیده گرفته شود (Germ and *et al.*, 2013). از آنجایکه سطح وسیعی از اراضی کشاورزی کشور آهکی می‌باشد. در این خاک ها غلظت زیاد یون کلسیم وpH بالا موجب کاهش فراهمی برخی عناصر غذایی از جمله روی می‌گردد. گوگرد با اکسید شدن و تولید اسید سولفوریک می تواند شرایط لازم را برای کاهش pH منطقه ریزوسفر و در نتیجه افزایش فراهمی عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد محصولات مختلف را به‌همراه داشته باشد (Irshad and *et al.*, 2011). بر اساس نتایج مقایسه میانگین حداکثر غلظت روی تحت اثر سه‌گانه نیتروژن در کود کمپوست در رقم با مصرف ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و ۵ گرم بر کیلوگرم کمپوست

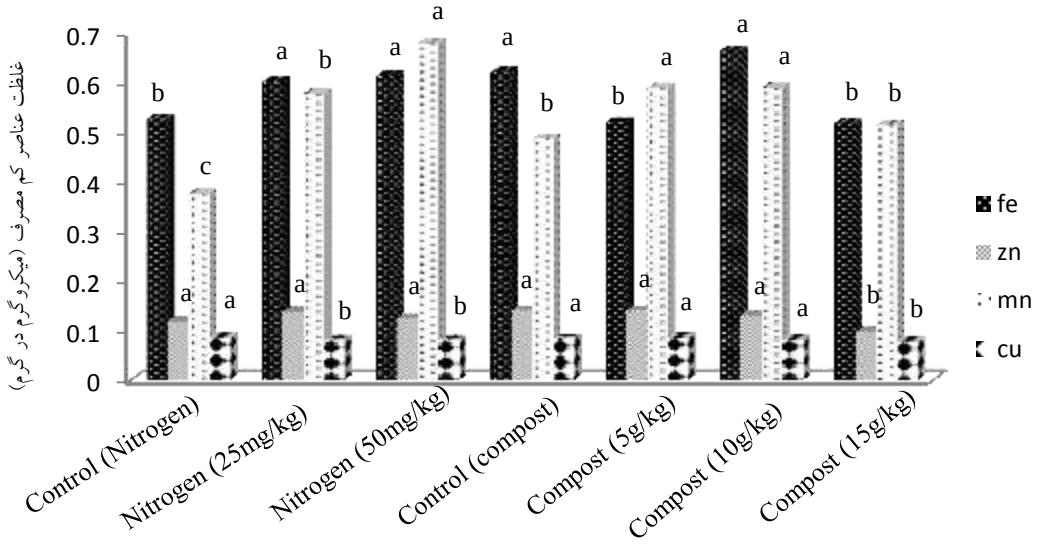
در رقم N8019 مشاهده شد. در حالیکه کمترین میزان در رقم دریا و با مصرف ۱۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و عدم مصرف نیتروژن بدست آمد (جدول ۳). از سوی دیگر داده‌های آماری گویای این مطلب است که در رقم دریا، با افزایش سطح کود کمپوست به‌تدریج از میزان جذب عنصر کاسته میشود و در سطح چهارم کمپوست (۱۵ گرم بر کیلوگرم) به کمترین میزان خود می‌رسد. همچنین در رقم N8019 نیز منهای استثنای موجود در سطح نخست کود نیتروژن، در دو سطوح باقی‌مانده این وضعیت رویت شد (جدول ۳). تشابه این رفتار حکایت از آن دارد که احتمالا عملکرد گیاه گندم به‌شدت تحت تأثیر فلزات سنگین موجود در کود آلی و سایر بی‌نظمی‌ها گشته است.

غلظت منگنز بخش هوایی: مقایسه میانگین‌ها تحت تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن نشان داد که به موازات افزایش مقدار نیتروژن، غلظت منگنز نیز افزایش پیدا کرد. از اینرو بیشترین غلظت منگنز در تیمار حاوی ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد که معادل ۸۰/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (شکل ۱). نتایج آزمایش حاکی از افزایش میزان غلظت عنصر منگنز تحت تأثیر کود کمپوست گرانوله گوگردی مصرفی می‌باشد. به طوریکه بالاترین میزان جذب به مصرف ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست اختصاص یافت که در قیاس با تیمار شاهد از ۲۱ درصد افزایش برخوردار بود که البته با سطح دوم کود کمپوست در یک گروه آماری قرار داشت. علاوه بر آن افزودن ۱۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست، هر چند نسبت به سطوح دوم و سوم کود کمپوست منجر به تقلیل میزان غلظت منگنز شد اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد از نظر افزایش غلظت منگنز در اندام هوایی گیاه گندم ایجاد نکرد (شکل ۱). به نظر می‌رسد کود نیتروژن به‌دلیل رهاسازی سریعتر اثر بیشتری بر میزان جذب عنصر منگنز داشته ولی کمپوست به‌دلیل دیرتر آزاد شدن عناصر غذایی موجود در آن روند کندی را در مقایسه با کاربرد کود نیتروژن از خود نشان داد. ممکن است با گذشت زمان بر مقادیر اندک غلظت مواد مغذی جذب شده به‌وسیله کمپوست برای گیاه، به‌دلیل افزایش حاصلخیزی خاک و بهره‌مندی بیشتر از کمپوست افزوده شود (Hafidi and *et al*., 2012). بیشترین غلظت منگنز تحت اثر متقابل نیتروژن در کود کمپوست با مصرف توام ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۱۴۷/۵ درصد فزونی یافت و کمترین غلظت به تیمار شاهد تعلق داشت. به‌نحویکه در تمامی سطوح کاربرد کود نیتروژن، اثر همزمان نیتروژن و کمپوست افزایش قابل ملاحظه‌ای را نسبت به تیمار شاهد ایجاد کرد (شکل ۴). به نظر می‌رسد کود آلی به‌دلیل بهبود شرایط فیزیکی خاک گلدانها در اوایل دوره‌ی رشد و همچنین فراهم کردن تدریجی عناصر مغذی مورد نیاز گیاه گندم به‌ویژه در اواخر فصل رشد، باعث افزایش عنصر منگنز در برهمکنش با نیتروژن شده باشد. از طرفی کود نیتروژن نیز در این سیستم تلفیقی نیاز گیاه را بر طرف ساخته و بدین جهت سبب افزایش غلظت عنصر منگنز شده است. با توجه به این نکته بدیهی است هر عاملی که سبب فراهمی

بیشتر نیتروژن برای گیاه گردد و به موازت آن موجبات افزایش عملکرد گیاه را نیز به‌همراه خواهد داشت. بر این اساس گزارش Albrizio و همکاران (۲۰۱۰) در گیاه گندم و جو مؤید این مطلب می‌باشد. با افزایش مواد آلی در خاک و افزایش تصاعد گاز کربنیک و در نتیجه تشدید خاصیت احیا، مقدار منگنز قابل استفاده گیاه افزایش یافت (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۰). همچنین در تحقیقی افزایش منگنز بافت گیاه ذرت در تیمار کود آلی (لجن فاضلاب) را به دلیل اسیدی شدن و کاهش اکسیژن خاک دانستند (Warman and *et al*., 2005). حداکثر و حداقل غلظت منگنز تحت اثر نیتروژن در کود کمپوست در رقم N8019 مشاهده گردید. به‌طوریکه با مصرف توأم ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست بالاترین میزان جذب را منجر گردید و پایین‌ترین جذب در تیمار شاهد بدست آمد. در رقم دریا نیز مصرف ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و تیمار شاهد به‌ترتیب بیشترین و کمترین غلظت منگنز را دارا بودند. از سوی دیگر، در رقم دریا در هر سه سطوح کود نیتروژن مصرفی، کمترین میزان غلظت با عدم مصرف کود کمپوست بدست آمد (جدول ۳).

غلظت مس بخش هوایی: همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می شود، مصرف کود نیتروژن و کمپوست و افزایش سطوح آنها اثر معنیدار بر غلظت مس اندام هوایی گندم ندارد. به‌نحویکه با مصرف ۵ گرم بر کیلوگرم کمپوست غلظت مس گندم افزایش یافت. ولی این افزایش از نظر آماری معنیدار نبود. از سوی دیگر با مصرف بالاترین سطح کود کمپوست، ۱۵ گرم بر کیلوگرم، کمترین میزان جذب عنصر روی مشاهده شد. چنین وضعیتی در مورد کود نیتروژن نیز صادق می‌باشد. به‌طوریکه بالاترین میزان جذب در تیمار ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم رویت شد. اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱). علت کاهش غلظت مس در سیستم تغذیه شیمیائی می‌تواند به‌دلیل عدم فراهمی کافی نیتروژن در کل فصل رشد به دلیل آیشوئی و همچنین عدم فراهم بودن سایر عناصر مورد نیاز گیاه گندم به میزان مطلوب و مناسب باشد. این استدلال برای سیستم تغذیه آلی را نیز می‌توان پذیرفت که کمبود نیتروژن در اویل فصل رشد و تثبیت اندک نیتروژن معدنی موجود در خاک به دلیل افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران موجود در خاک و به تبع آن افزایش کربن خاک، گیاه گندم نتوانست به رشد مطلوب و تولید اندامهای فتوسنتز کننده لازم برای تغذیه دانه‌ها و در نهایت بهبود عملکرد دانه دست یابد. بر اساس نتایج بدست آمده، غلظت مس در بخش هوایی گندم تحت تأثیر منابع و مقادیر مختلف کود کمپوست و نیتروژن قرار گرفت. از اینرو حداکثر غلظت مس با مصرف ۵ گرم بر کیلوگرم کمپوست و عدم مصرف نیتروژن مشاهده شد که این امر نشانگر تأثیر بسزایی کود کمپوست در تأمین مس مورد نیاز بخش هوایی گیاه گندم می‌باشد. زیرا کمپوست به عنوان یک منبع انرژی و مواد مغذی برای ریزجاندران خاک محسوب می‌شود که در نتیجه می‌تواند بر فعالیت‌های بیولوژیکی در حال وقوع تأثیر بگذارد (Malik and *et al*., 2013). براساس نتایج بدست آمده، با افزایش سطح نیتروژن، به‌تدریج از میزان غلظت مس کاسته شد و بدین ترتیب حداقل

غلظت مس با مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن و ۵ گرم بر کیلوگرم کمپوست اختصاص یافت. اما به‌یکباره در سطح سوم نیتروژن تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شد. به‌طوریکه حداکثر غلظت مس با کاربرد اثر تلفیقی۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن ملاحظه شد که با تیمار حداکثر غلظت مس (N1O2) در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۵). با توجه به شکل ۵ میتوان چنین استنباط نمود که به‌طور کلی کود نیتروژن تأثیر چندانی بر میزان غلظت مس ندارد ولی در صورتیکه نیتروژن در بالاترین حد خود مصرف گردد، کاربرد تلقیقی آن با کمپوست به‌دلیل آنکه این کود سبب تأمین مواد آلی خاک و افزایش حاصلخیزی خاک می‌گردد و از سوی دیگر گوگرد آلی موجود در این کود با افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی پرمصرف و مواد ریز مغذی در خاک (با کاهش pH خاک) به رشد بهتر گیاه کمک می‌نماید در نهایت منجر به افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول می‌شود. بر این اساس Singh و همکاران (2006) با بررسی جذب و نگهداشت روی در خاک در نیوزلند بیان نمود که جذب روی در خاک وابسته به خصوصیات خاک می‌باشد. بر اساس نتایج داده‌ها، حداکثر غلظت اثر سه‌گانه نیتروژن در کود کمپوست در رقم، با کاربرد ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و عدم مصرف کود کمپوست و در رقم N8019 مشاهده شد. اما از سویی دیگر در رقم مذکور، به‌موازات افزایش سطوح کودهای نیتروژن و کمپوست، غلظت مس نیز افزایش نشان داد. به‌طوریکه حداکثر غلظت با کاربرد تلفیقی ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست بدست آمد که ۳۷/۴ درصد نسبت به شاهد فزونی یافت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین، کمترین غلظت در رقم دریا و با مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و ۱۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست حاصل گردید. در خصوص حداکثر فراهمی عنصر مس، رقم دریا عکس‌العمل نسبتاً متفاوتی را نشان داد. به‌طوریکه با کاربرد ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و بدون مصرف کود نیتروژن، بیشترین میزان غلظت مس بدست آمد (جدول ۳). از دلایل احتمالی این امر می‌توان برهم خوردن تعادل عناصر غذایی و اثرات برهم کنش عناصر را ذکر نمود. زیرا یکی از عوامل مهم برهم زننده توازن تغذیه‌ای، برهمکنش بین عناصر در گیاه است. عناصر غذایی در جذب، انتقال و متابولیسم با یکدیگر برهمکنش دارند. به طوریکه اگر غلظت برخی از عناصر در محیط زیاد باشد از جذب برخی از عناصر دیگر جلوگیری می‌کنند. این پدیده، بازدارندگی یا آنتاگونیسم نام دارد (طباطبایی و ملکوتی، ۱۳۸۴).

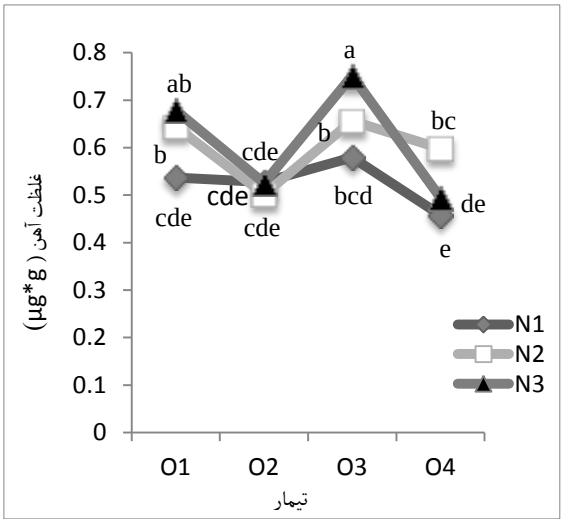


شکل۱- مقایسه میانگین اثر ساده تیمارهای کود کمپوست و نیتروژن بر غلظت عنلصر آهن، روی، منگنز و مس در اندام هوایی گندم

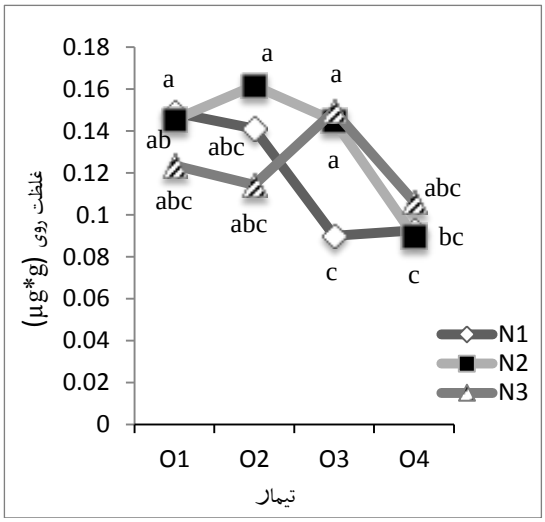
Fig 1- Comparison of the simple effect of compost and nitrogen fertilizer treatments on the concentration of iron, zinc, manganese and copper elements in aerial parts of wheat

ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند

Columns that share the same letter have no statistically significant difference based on Duncan's test at the five percent probability level



شکل۳- اثر متقابل کود کمپوست در نیتروژن بر غلظت روی



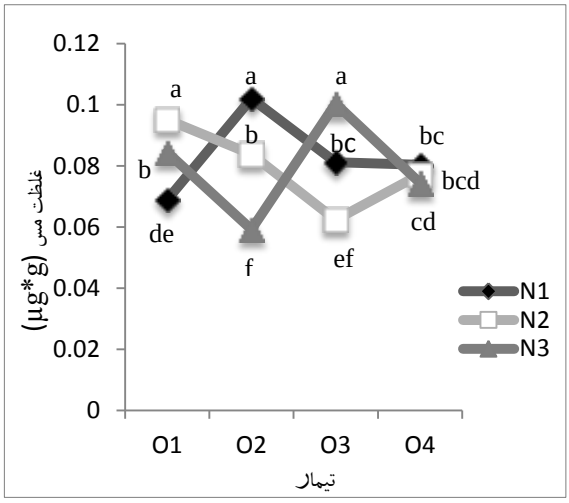
شکل۲ - اثر متقابل کود کمپوست در نیتروژن بر غلظت آهن

Fig 2 -The interaction effect of compost fertilizer in nitrogen on iron concentration

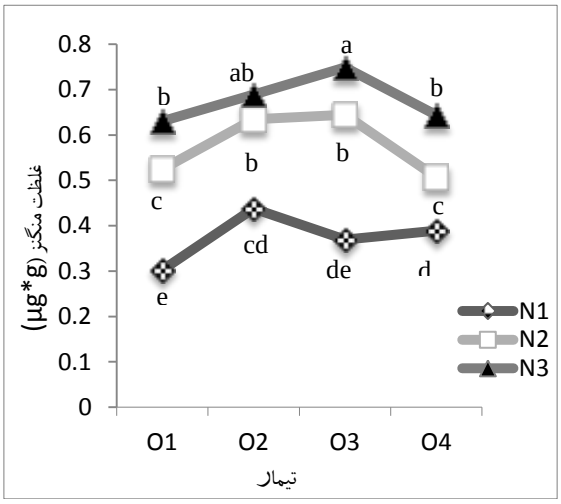
Fig 3 -The interaction effect of compost fertilizer in nitrogen on Zn concentration

N1، N2 و N3 به ترتیب مصرف صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک

O1، O2، O3 و O4 به ترتیب مصرف صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم کمپوست در کیلوگرم خاک



شکل۴- اثر متقابل کود کمپوست در نیتروژن بر غلظت منگنز



شکل۵- اثر متقابل کود کمپوست در نیتروژن بر غلظت مس

Fig 4 -The interaction effect of compost fertilizer in nitrogen on Mn concentration

Fig 5 -The interaction effect of compost fertilizer in nitrogen on Cu concentration

N1، N2 و N3 به ترتیب مصرف صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک

O1، O2، O3 و O4 به ترتیب مصرف صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم کمپوست در کیلوگرم خاک

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سه‌گانه کود کمپوست، کود نیتروژن و رقم بر غلظت عناصر کم‌مصرف اندام هوایی دو رقم گندم

Table 3- Comparison of the average effect of compost fertilizer, nitrogen fertilizer and variety on the concentration of low-use elements in aerial parts of two wheat cultivars

رقم	آهن	روی	منگنز	مس
	(میکروگرم در گرم)			
N8019				
N1O1	۰/۵۸۶۱ CDEFGH	۰/۱۷۲۴ ABC	۰/۲۸۶۹ J	۰/۰۸۱۵۰ DEF
N1O2	۰/۶۸۸۴ BCDEF	۰/۱۷۰۱ ABC	۰/۳۳۱۴ IJ	۰/۱۲۶۷ A
N1O3	۰/۴۸۶۱ GHI	۰/۰۸۹۳۷ FG	۰/۲۹۹۶ J	۰/۰۶۹۵۰ FGH
N1O4	۰/۵۲۵۷ EFGHI	۰/۱۲۰۲ BCDEFG	۰/۴۱۸۴ GHIJ	۰/۱۰۲۳ BC
N2O1	۰/۷۴۲۵ BC	۰/۱۸۰۳ AB	۰/۶۰۲۳ BCDEF	۰/۱۲۸۸ A
N2O2	۰/۴۲۶۷ GH	۰/۱۸۲۹ A	۰/۶۷۱۷ BCDE	۰/۰۸۳۹۰ DE
N2O3	۰/۵۸۶۰ CDEFGH	۰/۱۵۵۲ ABCDE	۰/۷۶۷۸ AB	۰/۰۶۸۲۳ GH
N2O4	۰/۷۱۳۶ BCDE	۰/۰۸۲۵۰ FG	۰/۵۲۲۱ EFGH	۰/۰۸۶۱۷ DE
N3O1	۰/۸۴۴۹ AB	۰/۱۲۵۳ ABCDEFG	۰/۷۱۸۳ BCD	۰/۱۰۷۲ B
N3O2	۰/۵۷۳۹ CDEFGH	۰/۱۱۸۲ CDEFG	۰/۶۱۲۲ BCDEF	۰/۰۶۰۰۳ HI
N3O3	۰/۹۸۴۶ A	۰/۱۶۰۶ ABCD	۰/۹۱۷۹ A	۰/۱۱۲۰ B
N3O4	۰/۴۹۰۸ FGHI	۰/۱۱۰۰ CDEFG	۰/۷۳۸۶ BC	۰/۱۰۲۱ BC
Darya				
N1O1	۰/۴۸۸۶ GHI	۰/۱۲۵۱ ABCDEFG	۰/۳۱۸۰ J	۰/۰۵۶۴۳ HI
N1O2	۰/۳۶۷۰ I	۰/۱۱۲۲ CDEFG	۰/۵۴۴۶ DEFG	۰/۰۷۷۳۳ EFG
N1O3	۰/۶۷۳۴ BCDRFG	۰/۰۹۰۸۰ FG	۰/۴۳۹۹ FGHIJ	۰/۰۹۲۸۷ CD
N1O4	۰/۳۹۰۵ HI	۰/۰۶۵۰۰ G	۰/۳۵۹۳ HIJ	۰/۰۵۸۵۰ HI
N2O1	۰/۵۴۵۶ DEFGHI	۰/۱۱۰۴ CDEFG	۰/۴۴۶۳ FGHIJ	۰/۰۶۱۴۳ H
N2O2	۰/۵۷۷۲ CDEFGH	۰/۱۴۰۲ ABCDEF	۰/۵۹۷۶ BCDEFG	۰/۰۸۳۷۷ DE

N2O3	۰/۷۲۶۳ BCD	۰/۱۴۲۴ ABCDEF	۰/۵۲۱۲ EFGH	۰/۰۵۶۴۳ HI
N2O4	۰/۴۸۳۰ GHI	۰/۰۹۷۰۰ EFG	۰/۴۹۲۱ EFGHI	۰/۰۶۸۲۳ GH
N3O1	۰/۵۳۲۹ DEFGHI	۰/۱۲۳۹ ABCDEFG	۰/۵۴۲۶ DEFG	۰/۰۶۱۷۳ H
N3O2	۰/۴۷۷۳ GHI	۰/۱۱۰۴ CDEFG	۰/۷۶۵۹ AB	۰/۰۵۸۳۰ HI
N3O3	۰/۵۱۸۸ EFGHI	۰/۱۳۸۷ ABCDEF	۰/۵۷۹۸ CDEFG	۰/۰۸۸۷۳ DE
N3O4	۰/۴۹۸۸ FGHI	۰/۱۰۲۷ DEFG	۰/۵۴۹۲ DEFG	۰/۰۴۶۷۷ I

N1O1: برابر با عدم مصرف کودهای نیتروژن و کمپوست می‌باشد.

N2O2: به‌ترتیب برابر مقادیر ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن و ۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست می‌باشد.

N3O3: به‌ترتیب برابر مقادیر ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست می‌باشد.

O4: برابر با ۱۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج بدست آمده در اجرای برهمکنش کودهای کمپوست گرانوله گوگردی و نیتروژن مبتنی بر گندم، نشان داد بیشترین غلظت عناصر غذایی کم مصرف اندام هوایی گندم، تحت تأثیر سیستم تغذیه تلفیقی و با کاربرد ۱۰ گرم بر کیلوگرم کمپوست و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها قرار گرفت. افزون بر این، در تمامی سطوح کود نیتروژن با افزایش مصرف کمپوست گرانوله گوگردی، غلظت عناصر آهن و روی به‌طور قابل توجهی کاهش یافت و در سطح ۱۵ گرم بر کیلوگرم کمپوست به کمترین حد خود رسید. چنین وضعیتی در روند جذب عناصر مس و منگنز نیز با شدت کمتری قابل ملاحظه است. بالاترین میزان غلظت تمامی عناصر مورد مطالعه در رقم N8019 مشاهده شد. به‌طوریکه با مصرف توأم ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن همراه با ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست بیشترین میزان عناصر آهن و منگنز بدست آمد. همچنین رقم دریا نیز عکس‌العمل مثبتی را به کاربرد تلفیقی کودهای مزبور نشان داد. از اینرو بالاترین غلظت عناصر آهن و روی با مصرف ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن در تلفیق با ۱۰ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست و فراهمی عنصر منگنز با مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کود نیتروژن و ۵ گرم بر کیلوگرم کود کمپوست مشاهده شد. همانطور که از نتایج داده‌ها برمی آید، روند کاهش غلظت تمامی عناصر در هر دو رقم تا حدودی مشابه بوده، به‌طوریکه به‌استثنای عنصر مس در رقم دریا و عنصر آهن در رقم N8019، مابقی عناصر در تیمارهای عدم کاربرد تلفیقی کودهای نیتروژن و کمپوست یا تیمار شاهد، از پایین‌ترین میزان جذب برخوردار بودند. لذا میتوان اظهار داشت که کاربرد به‌تنهایی هر یک از کودها قادر به فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه گندم نیست اما اگر کود آلی (کمپوست) همراه با کودهای شیمیایی مورد نیاز، طبق نتایج آزمون خاک استعمال گردد، میتواند در جهت کاهش چشمگیر مصرف کودهای شیمیایی و رسیدن به توسعه کشاورزی پایدار در بهبود و افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه مؤثر واقع گردد.

منابع

۱) طباطبائی، ج و. م ج، ملکوتی۱۳۸۴. تهیه بستر کشت، تغذیه و آبیاری در محصولات گلخانه‌ای. انتشارات سنا، تهران. صفحات ۳۸۲.

۲) ملکوتی، م ج و. م م، طهرانی. ۱۳۷۸. نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران. صفحات ۴۸۲.

3) Ahmad, M., Afzal, M., Ahmad, A., Ahmad, A.U.H. and M.I, Azeem. 2013. Role of organic and inorganic nutrient sources in improving wheat crop production. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 153 (1): 15-21.

4) Albrizio, R., Todorovic, M., Matic, T. and A, Maria Stellacci. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a mediterranean environment. *Field Crops Research*, 115: 179–190.

5) Chapman, H.D. and D.F, Pratt .1961. Methods of analysis of Soil, Plant and Water. University of California, Division of Agricultural Sciwnce. PP. 60-68.

6) Fan, J., Ding, W., Chen, Z.and N, Ziadi. 2011. Thirty-year amendment of horse manure and chemical fertilizer on the availability of micronutrients at the aggregate scale in black soil. *Environ Sci and Pollution Research J*, 19: 2745–2754.

7) Germ, M., Pongrac, P., Regvar, M., Vogel-Mikuš, K., Stibilj, V., Jaćimović, R. and I, Kreft. 2013. Impact of double Zn and Se biofortification of wheat plants on the element concentrations in the grain. *Plant Soil Envir J*, 59(7): 316–321.

8) Hodgson, E. 2004. The textbook of modern toxicology. 3th ed., John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, 275: 51-54.

9) Hafidi, M., Amir, S., Meddich, A., Jouraiphy, A., Winterton, P., El Gharous, M. and R, Uponnois .2012. Impact of applying composted biosolids on wheat growth and yield parameters on a calcimagnesic soil in a semi-arid region. *African Biotech J*, 11(41):9805-9815.

10) Hu, Ch. and Qi, Y. 2013. Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China. *Europ Agr J*, 46: 63– 67.

11) Ibrahim, M., Hassan, A., Arshad, M. and A, Tanveer.2010. Variation in root growth and nutrient element concentration in wheat and rice: Effect of rate and type of organic materials. *Soil and Envir J*, 29 (1): 47 – 52.

12) Irshad, A.H., Fayaz-Ahmad, S. and P, Sultan. 2011. Effect of sulphur dioxide on the biochemical parameters of spinach (*Spinacea oleracia*). *J. Sci*, 9(1):24-27.

13) Lindsay, W. I. and W. A, Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J*, 42: 421- 448.

14) Malik, M.A., Khan, K.S., Marschner, P. And F, ul-Hassan. 2013. Microbial biomass, nutrient availability and nutrient uptake by wheat in two soils with organic amendments. *Soil Sci and Plant Nut J*, 13(4): 955-966.

15) Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition, Academic Press, Harcourt Brace and Company Publishers. London, England.

16) Rutkowska, B., Szulc, W., Sosulski, T. and W, Stępień. 2014. Soil micronutrient availability to crops affected by long-term inorganic and organic fertilizer applications. *Plant Soil Environ J*, 5:198–203.

17) Singh, A., Agrawal, M. and F.M, Marshall. 2010. The role of organic vs. inorganic fertilizers in reducing phytoavailability of heavy metals in a

wastewater-irrigated area. *Ecological Engineering*, 36: 1733–1740.

18) Perkin Elmer. 1982. Analytical methods for atomic absorbtion spectrophotometry.
19) Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garcı´a-Martı´nez, A.M. and J, Parrado. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology*, 99(1758-1767).
20) Sullivan, D.M., Bary, A.I., Thomas, D.R., Fransen, S.C. and C.G, Cogger. 2002. Food waste compost effect on fertilizer nitrogen effectively, available nitrogen and and tall fescue yield. *Soil Sci Soc Amer J*, 66:154-161.
21) Sparling, G.P., Wheeler, D., Vesely, E.T. and L.A, Schipper. 2006. What is soil organic matter worth. *J. Environ.Qual*, 35: 548-557.
22) Singh, D., McLaren, R.G., Keith, C. and K.C, Cameron. 2006. Zinc sorptiondesorption by soils: Effect of concentration and length of contact period. *Aust.J. Geoderma*, 137: 117-125.
23) Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Adv.Agron (37): 349-392.
24) Wang, F., Tong, Y.A., Zhang, J.S., Gao, P.C. and J.N, Coffie. 2013. Effects of various organic materials on soil aggregate stability and soil microbiological properties on the Loess Plateau of China. *Plant Soil Envir*, 59(4): 162–168.
25) Warman, P.R. and W.C, Termeer. 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage:Ca, Mg, S, Fe, Mn,Cu, Zn and B content of crops and soils. *Bioresource Technology*, 96: 1029-1038.