

مطالعه اثر باقیمانده کودهای آلی، عناصر بر و روی بر ویژگی‌های خاک، وزن خشک و ترکیب شیمیایی گندم (*Triticum aestivum* L.)

طیبه نژادحسینی^۱ و علیرضا آستارایی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۸

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر باقیمانده کودهای آلی، عناصر بر و روی بر ویژگی‌های خاک و وزن خشک گیاه و ترکیب شیمیایی گندم (*Triticum aestivum* L.)، پس از برداشت ارزن (*Panicum italicum* L.)، در یک طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل با سه تکرار در شرایط گلخانه بررسی شد. تیمارهای آزمایشی در کشت قبلی شامل کودهای آلی (کمپوست زباله شهری و کود گاوی) هر کدام معادل ۲۵ تن در هکتار، عنصر روی در دو سطح صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و عنصر بر در دو سطح صفر و ۱۰ کیلوگرم در هکتار بوده که پس از برداشت ارزن، اثرات باقی‌مانده کودها در خاک بر گیاه گندم بررسی شد. نتایج آزمایش نشان داد باقیمانده کاربرد کودهای گاوی و کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی‌دار pH خاک، درصد کربن آلی و فراهمی عناصر آهن، روی، مس و بر در خاک گردید. باقیمانده روی باعث افزایش معنی‌دار وزن ماده خشک گندم و نیز مقدارهای عناصر آهن و روی در خاک و گیاه شد. در حالی که مقدار عنصر بر شاخساره گندم با مصرف روی کاهش قابل توجهی داشت. باقیمانده ۱۰ کیلوگرم عنصر بر در هکتار مقدارهای آهن را معادل ۲ درصد، مس را ۱/۴ درصد و بر را ۶۵/۶ درصد در گندم افزایش داده، ولی در مقدار روی تأثیر معنی‌داری نداشت. صرف‌نظر از فراهمی عناصر بر و روی، اثرات باقیمانده کاربرد کودهای آلی منجر به افزایش معنی‌دار مقدار عناصر آهن، روی، مس و بر در گیاه گردید. برهمکنش کودهای آلی و عناصر بر و روی بر مقدار عناصر روی، آهن، بر و مس در گیاه نیز معنی‌دار شد. به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که باقیمانده کودهای آلی، عناصر روی و بر از کشت قبلی می‌تواند برای گیاه بعدی به طور موثری در حاصلخیزی خاک و کیفیت گیاه تأثیر داشته‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری خاک، عناصر کم مصرف، کود گاوی، کمپوست زباله شهری

مقدمه

کمپوست تا چهار سال بعد از کاربرد این کودها ادامه داشته و می‌تواند خصوصیات کیفی خاک را بهبود دهد. خاک‌های آهکی با مقدار ماده آلی کم، عموماً مستعد کمبود عناصر غذایی می‌باشند (Rangbar, Bahmaniar & 2007). کمبود روی و بر یکی از مهمترین و گسترده‌ترین کمبودهای عناصر غذایی در دنیا می‌باشد که باعث محدود شدن عملکرد و تولید محصولات زراعی می‌شود (Jalili, Khiyavi & 2003). یکی از راهکارها برای رفع کمبود و دستیابی به عملکرد بهینه محصولات، استفاده از کلیه منابع حاوی عناصر کم مصرف اعم از کودهای شیمیایی و کودهای آلی حاوی این عناصر می‌باشد (Cherati, 1996). گیاهان زراعی تنها مقدار کمی از روی و سایر عناصر کم‌مصرف افزوده شده به خاک را جذب کرده و بنابراین کودهای مصرفی اثرات باقیمانده خواهند داشت (Singh & Abrol, 1985). حسین و همکاران (Hossein et al., 2008) عنوان کردند که بعد از مصرف روی، به طور معمول در یک دوره چند ساله اثرات

شرایط آهکی اغلب خاک‌های ایران همراه با اقلیم خشک و نیمه خشک از عوامل اصلی کاهش ذخیره کربن و عناصر غذایی این خاکها است، لذا کاربرد هرگونه ترکیب آلی می‌تواند ضمن بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان در حال رشد را نیز تأمین کند (Maftoun & Rasooli, 2003). تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش راندمان عناصر غذایی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاهان و خصوصیات خاک می‌گردد (Eghball et al., 2004). جینتینگ و همکاران (Ginting et al., 2004) بیان کردند که اثرات باقیمانده کودهای گاوی و

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول: (E-mail:astaraei@ferdowsi.um.ac.ir)

کاشت و پس از تعیین برخی خصوصیات رشدی گیاه از سطح خاک انجام شد.

نمونه‌های گیاهی را پس از انتقال به آزمایشگاه خاک‌شناسی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک کرده و وزن خشک آنها تعیین گردید. سپس نمونه‌های گیاهی، آسیاب و برای تعیین برخی عناصر کم مصرف به روش تر هضم شدند. بافت خاک به روش هیدرومتری (Page et al., 1982)، pH گل اشباع و هدایت الکتریکی عصاره اشباع (Page et al., 1982) کربن آلی خاک به روش تیتراسیون با آمونیوم فرسولفات نیم نرمال (Page et al., 1982) و مقادیر عناصر کم مصرف از روش هضم تر گیاه با اسید نیتریک و پرکلریک (Richards, 1956) اندازه‌گیری شده و قرائت آن با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو ۶۷۰۰ صورت گرفت. در پایان نتایج به دست آمده به صورت طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر باقیمانده تیمارهای آزمایشی بر برخی از خصوصیات خاک

از میان تیمارهای آزمایشی مورد بررسی، تنها اثر ماده آلی باقیمانده بر خصوصیات خاک در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). اثر ماده آلی باقیمانده در خاک، موجب افزایش معنی‌دار pH خاک شد. همچنین باقیمانده کودهای آلی (کمپوست زباله شهری و کود گاوی) باعث افزایش شوری خاک در مقایسه با شاهد گردید، اما معنی‌دار نشد (جدول ۳). اثر ماده آلی باقیمانده همچنین موجب افزایش معنی‌دار درصد کربن آلی خاک شد (جدول ۳). کربن آلی خاک تحت تأثیر اثرات باقیمانده کمپوست و کود گاوی در خاک، به ترتیب معادل ۷۲/۵ و ۱۰۲/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد نشان داد.

اثر باقیمانده تیمارهای آزمایشی بر فراهمی عناصر در خاک

باقیمانده روی مصرفی از کشت قبلی، فراهمی عنصر روی قابل دسترس خاک را به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۴). به‌طوری که میانگین مقدار روی قابل دسترس خاک از ۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم تیمار شاهد به ۵/۲۹ میلی‌گرم در کیلوگرم رسانده که افزایشی معادل ۱۵ درصد داشت.

مقدار فراهمی عناصر آهن و بر قابل دسترس خاک تحت تأثیر اثرات باقیمانده روی مصرفی به ترتیب معادل ۳/۸ و ۴/۴ درصد نسبت به شاهد هریک افزایش داشتند (جدول ۴). اثر باقیمانده روی مصرفی، موجب کاهش مقدار مس قابل دسترس خاک معادل ۳۴/۶ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

باقیمانده آن به عنوان یک ذخیره غذایی برای گیاهان بوده که طول این دوره به طبیعت خاک و سیستم کشت گیاهان بستگی دارد. اثرات باقیمانده مثبت کودهای آلی و عناصر کم مصرف توسط محققان متعددی گزارش شده است (Hussain, 2004; Zia, et al., 1996; Rashid, 2005; Gurmani & Khan, 2009; Hussain, 2004) و زیا و همکاران (Zia, et al., 1996) افزایش معنی‌داری در بازده کاه و کلش گیاهان در نتیجه اثرات باقیمانده سولفات روی گزارش کردند. نیاز کودی هر گیاه به عناصر کم مصرف به مقدار کود مصرفی و گیاه قبلی بستگی دارد، به عبارت دیگر کاربرد پیوسته مقادیر زیاد این عناصر احتمالاً موجب برهمکنش بین عناصر غذایی و عدم تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاهان می‌شود (Singh, 1985). بنابراین آگاهی از واکنش عناصر کم‌مصرف و سایر کودهای آلی مصرفی در خاک و اثر باقیمانده آنها جهت تدوین یک برنامه کودی معقول و صحیح بسیار الزامی می‌باشد (Maftoun & Borzoo, 2001). از این رو تحقیق حاضر به منظور بررسی اثرات باقیمانده کودهای آلی، عناصر بر و روی بر ویژگی‌های خاک و مقدار عناصر کم‌مصرف در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

ابتدا آزمایشی در یک خاک^۱ تیپیک هاپلوکلسیک با بافت لوم رسی در مزرعه‌ای واقع در منطقه قاین در سال ۱۳۸۷ انجام شد که در آن کرت‌هایی به ابعاد ۱×۱ متر و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر ایجاد کرده و تیمارهای آزمایشی شامل دو کود آلی کمپوست زباله شهری و کود گاوی (هر کدام به مقدار ۲۵ تن در هکتار)، عناصر بر در دو سطح صفر و ۱۰ کیلوگرم در هکتار و روی در دو سطح صفر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار و یک شاهد (بدون کود) هر کدام با سه تکرار به کرت‌های مربوطه اضافه شدند و در تیرماه گیاه ارزن در کرت‌های آزمایشی کشت شده و در اواسط مهرماه برداشت گردید. خصوصیات خاک مزرعه قبل از شروع آزمایش در جدول ۱ و خصوصیات کودهای آلی مورد استفاده در جدول ۲ آمده است.

در اردیبهشت ماه ۱۳۸۸، مقدار سه کیلوگرم از خاک داخل هر کرت (۱۵-۰ سانتی‌متر) نمونه برداری شده و پس از انتقال به گلخانه تحقیقاتی و آماده‌سازی نمونه‌ها، خاک‌ها را به گلدان‌های پلاستیکی اضافه کرده و بذر گندم رقم پیش‌تاز در عمق دو سانتی‌متری خاک گلدان‌ها کشت شد. بوته‌های هر گلدان بعد از دو هفته به دو عدد تنک شدند. در طول دوره رشد، گیاهان هر سه روز تا حد ظرفیت زراعی (روش وزنی) آبیاری شدند. برداشت گیاهان ۴۰ روز پس از

جدول ۱- خصوصیات خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Soil properties before starting the experiment

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	آهک CaCO ₃ (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	روی Zn	آهن Fe	منیزیم Mn	مس Cu	بر B
0-15	CL	13	6.5	7.3	0.42	0.98	3.5	5	0.8	0.46

جدول ۲- خصوصیات کمپوست زباله شهری و کود گاوی

Table 2- Municipal solid waste compost and cow manure properties

نوع کود Manure type	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کربن آلی OC (%)	روی Zn	آهن Fe	منیزیم Mn	مس Cu	بر B
کمپوست (MSWC)	7.9	7.5	11.3	194	381	309	66	0.12
کود گاوی (Cow manure)	7.3	7.1	14.5	35	156	47.6	32.4	0.2

جدول ۳- اثرات باقیمانده کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر برخی خصوصیات خاک

Table 3- The residual effects of municipal solid waste compost and cow manure on some soil properties

تیمار کود Manure treatment	کربن آلی OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
کمپوست MSWC	7.8 ^a	5.96 ^a	0.69 ^b
کود گاوی Cow manure	7.7 ^b	5.91 ^a	0.91 ^a
شاهد Control	7.6	5.87	0.4

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماري ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

دسترس خاک اثر افزایشی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۵ درصد داشت (جدول ۵). مقدار عناصر روی، آهن، مس و بر قابل دسترس خاک در تیمار کمپوست زباله شهری به ترتیب معادل ۳۶/۲، ۲۵/۹، ۱۱/۱ و ۳۳/۳ درصد و در تیمار کود گاوی به ترتیب معادل ۳۱/۱، ۳۳/۷، ۲۱/۲ و ۴۱/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند. برهمکنش روی و ماده آلی اختلاف معنی‌داری در فراهمی عناصر روی، آهن و مس قابل دسترس خاک نشان داد (جدول ۶). بیشترین فراهمی عناصر روی و آهن قابل دسترس در تیمار باقیمانده کود گاوی و روی با ۴۴/۱ و ۴۱/۱ درصد افزایش نسبت به شاهد هر یک مشاهده شد. بیشترین فراهمی مس قابل دسترس خاک در تیمار حاوی کمپوست زباله شهری و روی صفر (۲/۶۸ میلی گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. برهمکنش ماده آلی، بر و روی مصرفی از کشت قبلی بر فراهمی عناصر روی، آهن و مس قابل دسترس خاک در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). بیشترین عناصر آهن قابل دسترس (۱۲/۹۵ میلی گرم بر کیلوگرم) و روی قابل دسترس (۵/۸ میلی گرم بر کیلوگرم) در تیمار حاوی کود گاوی، روی و بر باقیمانده

اثر باقیمانده بر مصرفی موجب افزایش معنی‌دار فراهمی عنصر بر در خاک شده و مقدار بر خاک را ۷۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۴). باقیمانده بر مصرفی بر فراهمی عناصر آهن و مس قابل دسترس خاک تأثیرگذار بود. به طوری که عنصر بر باقیمانده در خاک موجب کاهش فراهمی مقدار عناصر آهن و مس قابل دسترس خاک به ترتیب معادل ۷/۸ و ۳۳/۷ درصد نسبت به شاهد هر یک شد (جدول ۴). برهمکنش عناصر روی و بر مصرفی از کشت قبلی تأثیر معنی‌داری بر فراهمی عناصر روی و بر قابل دسترس خاک در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۴). به طوری که بیشترین مقدار روی قابل دسترس در تیمار حاوی بر و روی با ۱۷/۱ درصد افزایش نسبت به شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار روی صفر و بر ۱۰ کیلوگرم در هکتار با ۵/۱ درصد کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد. بیشترین مقدار بر قابل دسترس خاک (۰/۹۲ میلی گرم بر کیلوگرم) با ۸۴ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار حاوی بر ۱۰ و روی ۵۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. مواد آلی باقیمانده از کشت قبلی بر مقدار عناصر کم مصرف قابل

در خاک مشاهده شد. بیشترین مقدار مس قابل دسترس (۳/۱ میلی- گرم بر کیلوگرم) در تیمار کمپوست زباله شهری باقیمانده در خاک فاقد روی و بر و کمترین آن در تیمار حاوی کود گاوی و بر ۱۰ کیلوگرم در هکتار (۰/۹۴) با ۱۴/۸ درصد کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد.

اثر باقیمانده تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک گیاه اثر باقیمانده عناصر روی و بر مصرفی از کشت قبلی، وزن خشک گیاه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۸). بازده وزن خشک گیاه در تیمار باقیمانده عنصر روی مصرفی از کشت قبلی، معادل ۲/۱ گرم در گلدان بوده که افزایش ۸/۲ درصدی نسبت به شاهد نشان داد. در حالی که وزن خشک گیاه با عنصر بر مصرفی ۱۰ کیلوگرم در هکتار کاهش معنی‌دار ۶ درصدی داشت.

جدول ۴- اثرات باقیمانده تیمارهای روی و بر (میانگین‌ها) و برهمکنش عناصر بر و روی بر فراهمی عناصر آهن، روی، مس و بر قابل دسترس در خاک

Table 4- The residual effects of Zn and B treatments (means) and their interaction effects on soil available Fe, Zn, Cu, and B

میانگین Mean	تیمار بر (B treatment) (kg.ha ⁻¹)		تیمار روی Zn treatment (kg.ha ⁻¹)
	10	0	
آهن قابل دسترس - Available Fe (mg.kg⁻¹)			
12.1 ^b	11.4 ^a	12.77 ^{a*}	0
12.5 ^a	12.3 ^a	12.8 ^a	50
	11.8 ^b	12.8 ^a	میانگین- Mean
روی قابل دسترس - Available Zn (mg.kg⁻¹)			
4.6 ^b	4.5 ^d	4.7 ^c	0
5.3 ^a	5.5 ^a	5.1 ^b	50
	5.0 ^a	4.9 ^a	میانگین- Mean
مس قابل دسترس - Available Cu (mg.kg⁻¹)			
2.1 ^a	1.61 ^a	2.51 ^a	0
1.5 ^b	1.46 ^a	1.6 ^a	50
	1.5 ^b	2.1 ^a	میانگین- Mean
بر قابل دسترس - Available B (mg.kg⁻¹)			
0.68 ^b	0.86 ^b	0.5 ^c	0
0.71 ^a	0.92 ^a	0.51 ^{cd}	50
	0.89 ^a	0.5 ^b	میانگین- Mean

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

جدول ۵- اثر باقیمانده تیمار نوع کود آلی بر فراهمی عناصر روی، آهن، مس و بر قابل دسترس خاک

Table 5- The residual effects of organic fertilizer type on soil available Zn, Fe, Cu, and B

نوع کود آلی				Organic fertilizer type
روی (Zn)	آهن (Fe)	مس (Cu)	بر (B)	
(mg.kg ⁻¹)				
4.85 ^{b*}	12.4 ^a	2.3 ^a	0.68 ^b	کمپوست (MSWC)
5.1 ^a	12.2 ^b	1.31 ^b	0.72 ^a	کود گاوی (Cow manure)
3.85	9.1	1.1	0.51	شاهد (Control)

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

جدول ۶- اثر باقیمانده برهمکنش ماده آلی و روی بر فراهمی عناصر روی، آهن، مس و بر قابل دسترس در خاک

Table 6- The residual effects of organic fertilizer and Zn on soil available Zn, Fe, Cu, and B

نوع ماده آلی		رومی (Zn)			مس (Cu) بر (B)	
Organic fertilizer type		(kg.ha ⁻¹)			(mg.kg ⁻¹)	
کمپوست	0	4.7 ^{c*}	12.7 ^a	2.7 ^a	0.65 ^a	
(MSWC)	50	5.0 ^b	12.2 ^b	1.9 ^b	0.70 ^a	
کود گاوی	0	4.5 ^c	11.5 ^c	1.4 ^c	0.71 ^a	
(Cow manure)	50	5.5 ^a	12.9 ^a	1.2 ^d	0.73 ^a	

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

جدول ۷- اثر باقیمانده برهمکنش ماده آلی، بر و روی بر فراهمی عناصر روی، آهن، مس و بر قابل دسترس خاک

Table 7- The residual effects of organic fertilizer B and Zn on soil available Zn, Fe, Cu, and B

نوع ماده آلی		رومی (Zn)		مس (Cu) بر (B)	
Organic fertilizer type		(kg.ha ⁻¹)		(Mg.kg ⁻¹)	
کمپوست (MSWC)	0	4.5 ^{d*}	12.9 ^a	3.1 ^a	0.5 ^a
	10	4.8 ^c	12.4 ^c	2.3 ^b	1.2 ^a
	0	4.8 ^c	12.7 ^{ab}	2.0 ^{bc}	0.5 ^a
	50	5.3 ^b	11.6 ^d	1.7 ^c	1.3 ^a
	0	4.9 ^c	12.6 ^b	1.9 ^c	0.5 ^a
	10	4.2 ^e	10.4 ^e	0.9 ^d	1.3 ^a
کود گاوی (Cow manure)	0	5.3 ^b	12.8 ^{ab}	1.2 ^d	0.5 ^a
	50	5.8 ^a	12.9 ^a	1.2 ^d	1.3 ^a

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

روی صفر و بر ۱۰ (۶۶/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. بیشترین مقدار برگ‌باز ۶۹/۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار عناصر روی صفر و بر ۱۰ و سپس در تیمار عناصر روی ۵۰ و بر ۱۰ (۴۴/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. بیشترین مقدار مس گیاه در تیمار عناصر روی ۵۰ و بر صفر (۵۴/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سپس در تیمار عناصر روی صفر و بر ۱۰ (۵۴/۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد.

باقیمانده مواد آلی در خاک، مقدار عناصر کم مصرف گیاه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۹). اثر باقیمانده کمپوست زباله شهری مصرفی در خاک، مقدار عناصر روی، آهن، مس و بر گیاه را به ترتیب معادل ۶/۱، ۴۱/۱، ۵/۳ و ۱۴/۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در حالی که اثر باقیمانده کود گاوی در خاک، مقادیر عناصر فوق را به ترتیب معادل ۱۴/۵، ۱۶، ۴/۶ و ۳۹/۱ درصد نسبت به شاهد هر یک افزایش داد. برهمکنش مواد آلی و عناصر روی و بر باقیمانده در خاک، مقدار عناصر کم مصرف گیاه را به طور معنی‌داری (در سطح اطمینان ۵ درصد) تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱۰). بیشترین مقدار روی گیاه در تیمار حاوی کمپوست زباله شهری همراه عناصر روی ۵۰ و بر صفر با ۱۶/۲ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد.

بیشترین بازده وزن خشک گیاه در تیمار باقیمانده عناصر روی ۵۰ و بر ۱۰ کیلوگرم در هکتار مصرفی از کشت قبلی معادل ۲/۰۲ گرم در گلدان بوده که تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها نشان نداد.

اثر باقیمانده تیمارهای آزمایشی بر عناصر کم مصرف در گیاه

اثر باقیمانده ۵۰ کیلوگرم در هکتار روی مصرفی از کشت قبلی، مقدار عناصر کم مصرف گیاه را به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۸). روی باقیمانده در خاک، موجب افزایش مقدار عناصر آهن، روی و مس در گیاه به ترتیب معادل ۱۲/۰۲، ۷/۸، ۲/۰۳ درصد نسبت به شاهد شد.

اثر باقیمانده ۱۰ کیلوگرم در هکتار بر مصرفی از کشت قبلی، مقدار عناصر کم مصرف گیاه را به طور معنی‌داری در سطح ۵ درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۸). بر باقیمانده در خاک، موجب افزایش مقدار عناصر آهن، بر و مس در گیاه شد.

اثرات برهمکنش عناصر بر و روی باقیمانده در خاک بر عناصر آهن، روی، مس و بر گیاه معنی‌دار شد (جدول ۸). بیشترین مقدار آهن گیاه (۸۱/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار حاوی عناصر بر ۱۰ و روی ۵۰ مصرفی از کشت قبلی و کمترین مقدار آن در تیمار عناصر

جدول ۸- اثر باقیمانده تیمارهای بر و روی مصرفی از کشت قبلی (میانگین) و برهمکنش آنها بر عناصر آهن، روی، مس، بر و وزن خشک گیاه گندم
Table 9- The residual effects of B and Zn treatments from previous crop (means) and their interaction effects on wheat plant

Mean - میانگین	تیمار بر- B (kg.ha ⁻¹)		تیمار روی - Zn (kg.ha ⁻¹)
	10	0	
وزن خشک گیاه - Plant dry weight (g pot⁻¹)			
1.93 ^b	1.9 ^a	1.98 ^{a*}	0
2.1 ^a	2.0 ^a	2.2 ^a	50
	1.9 ^b	2.1 ^a	Mean - میانگین
آهن گیاه - Plant Fe (mg.kg⁻¹)			
68.9 ^b	66.5 ^d	71.3 ^c	0
77.2 ^a	81.1 ^a	73.4 ^b	50
	73.8 ^a	72.3 ^b	Mean - میانگین
روی گیاه - Plant Zn (mg.kg⁻¹)			
42.5 ^b	42.6 ^c	42.4 ^{cd}	0
45.8 ^a	45.5 ^{ab}	46.2 ^a	50
	44.1 ^a	44.3 ^a	Mean - میانگین
مس گیاه - Plant Cu (mg.kg⁻¹)			
50.67 ^b	54.38 ^{ab}	46.96 ^d	0
51.7 ^a	48.75 ^c	54.65 ^a	50
	51.56 ^a	50.8 ^b	Mean - میانگین
بر گیاه - Plant B (mg.kg⁻¹)			
53 ^a	69.83 ^a	36.17 ^c	0
38.95 ^b	44.85 ^b	33.05 ^d	50
	57.34 ^a	34.61 ^b	Mean - میانگین

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

جدول ۹- اثر باقیمانده ماده آلی و روی بر مقدار عناصر آهن، روی، مس و بر در گیاه
Table 10- The residual effects of organic fertilizer and Zn treatments on wheat plant Zn, Fe, Cu, and B concentrations

Mean - میانگین	تیمار روی - Zn (kg.ha ⁻¹)		نوع ماده آلی Organic fertilizer type
	50	0	
آهن گیاه - Plant Fe (mg.kg⁻¹)			
80.2 ^a	80.6 ^a	79.8 ^{b*}	کمپوست زباله شهری (MSWC)
65.9 ^b	73.8 ^c	57.1 ^d	کود گاوی (Cow manure)
	77.2 ^a	68.9 ^b	Mean - میانگین
روی گیاه - Plant Zn (mg.kg⁻¹)			
42.5 ^b	46.0 ^{ab}	38.9 ^d	کمپوست زباله شهری (MSWC)
45.9 ^a	45.6 ^c	46.1 ^a	کود گاوی (Cow manure)
	45.8 ^a	42.5 ^b	Mean - میانگین
مس گیاه - Plant Cu (mg.kg⁻¹)			
51.5 ^b	51 ^c	52 ^b	کمپوست زباله شهری (MSWC)
50.5 ^a	52 ^a	49.6 ^d	کود گاوی (Cow manure)
	52.0 ^a	50.7 ^b	Mean - میانگین
بر گیاه - Plant B (mg.kg⁻¹)			
41.6 ^b	32.3 ^d	50.8 ^b	کمپوست زباله شهری (MSWC)
50.4 ^a	45.6 ^c	55.2 ^a	کود گاوی (Cow manure)
	38.9 ^b	53.0 ^a	Mean - میانگین

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

جدول ۱۰- اثرات باقیمانده برهمکنش کودهای آلی و عناصر بر و روی بر مقدار عناصر آهن، روی، مس و بر در گیاه
 Table 10- The residual effects of organic fertilizer and Zn and B interaction effects on wheat plant Zn, Fe, Cu, and B concentrations

تیمار ماده آلی Organic fertilizer type	روی (Zn) (kg.ha ⁻¹)	بر (B) (kg.ha ⁻¹)	روی (Zn) (mg.kg ⁻¹)	آهن (Fe) (mg.kg ⁻¹)	مس (Cu) (mg.kg ⁻¹)	بر (B) (mg.kg ⁻¹)
کمپوست (MSWC)	0	0	38.5 ^{ee}	61.1 ^c	44.9 ^c	35.0 ^g
	10	0	39.4 ^d	98.4 ^c	55.4 ^d	66.6 ^b
	0	50	46.5 ^a	109.6 ^b	51.6 ^b	21.2 ^h
	10	50	45.6 ^{bc}	51.7 ^f	48 ^c	43.3 ^e
کود گاوی (Cow manure)	0	0	46.3 ^{ab}	81.5 ^d	47.0 ^d	37.3 ^f
	10	0	45.8 ^{abc}	34.6 ^h	51.3 ^b	73.0 ^a
	0	50	45.8 ^{abc}	37.2 ^g	55.3 ^a	44.8 ^d
	10	50	45.5 ^c	110.5 ^a	47.4 ^c	46.3 ^e
شاهد (Control)			40.0	56.8	48.8	36.2

* تفاوت اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح آماری ۵٪ آزمون دانکن معنی‌دار نیست.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05.

پس از اتمام دوره رشد گندم، موجب افزایش شوری خاک در مقایسه با شاهد شد اما در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۳) که احتمالاً به دلیل انتقال بخشی از نمک‌های محلول این کودها به بخش‌های زیر سطحی خاک در کشت قبلی باشد. علی‌رغم محدود بودن اثر باقیمانده کودهای گاوی و کمپوست زباله شهری بر شوری خاک آزمایشی، با توجه به بالا بودن شوری این کودها، به نظر می‌رسد که مصرف هر ساله آنها می‌تواند به شور شدن خاک و کاهش محصول منجر گردد (Smith & Doran, 1996). کربن آلی در هر دو نوع کود آلی مورد استفاده نسبتاً زیاد می‌باشند. تأثیر بیشتر اثرات باقیمانده کود گاوی در افزایش درصد کربن آلی خاک را می‌توان به بالاتر بودن کربن آلی کود مصرفی نسبت داد. هامپتون و همکاران Hampton et al., 2002) و اقبال و همکاران (Eghball et al., 2004) نیز افزایش درصد کربن آلی خاک را در نتیجه اثرات باقیمانده کمپوست و کود گاوی گزارش کردند که مشابه نتایج در این تحقیق است.

اثر باقیمانده عنصر روی مصرفی از کشت قبلی، فراهمی عناصر روی، آهن و بر قابل دسترس خاک را افزایش داد. کوری و همکاران (Qury et al., 2006) نیز افزایش غلظت آهن و روی خاک را در نتیجه اثرات باقیمانده روی گزارش کردند. آنها اظهار داشتند که با مصرف روی در خاک، احتمالاً باید آهن توسط روی در سطح کلونیدهای خاک مبادله و سپس وارد فاز محلول می‌شود و فراهمی آن در خاک افزایش می‌یابد.

باقیمانده تیمار کودهای آلی بر مقدار عناصر قابل عصاره‌گیری با DTPA خاک اثر معنی‌دار و افزایشی بود که این مساله بیانگر این است که این کودها منابع مناسبی برای بهبود و افزایش کیفیت حاصلخیزی خاک محسوب می‌شوند. علی‌رغم غلظت بیشتر مقدار عناصر روی و مس در کمپوست زباله شهری، اثر باقیمانده کود گاوی

اثر باقیمانده تیمار حاوی کود گاوی به همراه عناصر روی ۵۰ و بر ۱۰ در خاک بیشترین مقدار آهن گیاه را با ۹۴/۴ درصد افزایش نسبت به شاهد باعث گردید. بیشترین مقدار مس گیاه با ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار حاوی کمپوست زباله شهری با عناصر روی صفر و بر ۱۰ مشاهده شد. کمترین مقدار مس گیاه در تیمار کمپوست زباله شهری با عناصر روی و بر صفر معادل ۸/۳ درصد کاهش نسبت به شاهد و سپس در تیمار کود گاوی با روی و بر صفر معادل ۳/۶ درصد کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۱۰).

اثرات برهمکنش کودهای آلی و عناصر بر و روی باقیمانده در خاک، بر مقدار عنصر بر گیاه معنی‌دار شد (جدول ۱۰). بیشترین مقدار بر گیاه (۷۳/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار حاوی کود گاوی با روی صفر و ۱۰ کیلوگرم بر از کشت قبلی مشاهده شد. کمترین غلظت بر گیاه (۲۱/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار حاوی کمپوست زباله شهری با روی ۵۰ و بر صفر در خاک مشاهده شد (جدول ۱۰).

برخی از ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در کشت قبلی این پژوهش در جدول ۲ نشان می‌دهد که کودهای گاوی و کمپوست زباله شهری هر دو دارای pH نسبتاً قلیایی می‌باشند. در بسیاری از تحقیقات گزارش شده که pH پسماندهای آلی، به علت انباشتگی و رسیدگی در خاک، افزایش می‌یابد (Afuni & Rezayinejad, 2000) که مشابه نتایج در این تحقیق است.

براساس نتایج این تحقیق، اثرات باقیمانده کودهای کمپوست زباله شهری و کود گاوی یک سال پس از مصرف، موجب افزایش pH خاک شد. اقبال و همکاران (Eghball et al., 2004) نیز بیان کردند که با کاربرد کودهای گاوی و کمپوست افزایش pH خاک تا چهار سال بعد می‌تواند ادامه یابد.

اثرات باقیمانده کودهای آلی (کمپوست زباله شهری و کود گاوی)

بازدارنده روی بر جذب عنصر بر را می‌توان به نقش روی در ایجاد یک مکانیسم حفاظتی در ریشه مربوط دانست که از جذب زیاد بر جلوگیری می‌کند (Hosseini et al., 2007). سینها و همکاران (Sinha et al., 2000) نیز اثر متقابل منفی بین روی و بر را در گیاه خردل (*Sinapis arvensis* L.) گزارش کردند. سویتلیک، Swietlik (1995) بیان داشت که ریشه گیاهانی که عنصر روی کافی در اختیار دارند به نظر می‌رسد که کارایی بالاتری دارند که تجمع عنصر بر در اندام هوایی گیاه را محدود می‌کنند.

نتایج در این تحقیق نشان داد که اثر باقیمانده بر از کشت قبلی، مقدار عنصر آهن، مس و بر در اندام‌های هوایی گیاه گندم را افزایش داد. به نظر می‌رسد که افزایش مقدار این عناصر با مصرف عنصر بر مربوط به تأثیر مقدار این عناصر در اندام هوایی گیاه باشد، زیرا عنصر بر مصرفی موجب کاهش وزن خشک گیاه شد (Singh et al., 1990). لوپز و همکاران (Lopez et al., 2002) در بررسی اثرات عنصر بر روی گیاه تنباکو (*Nicotiana tabacum* L.)، افزایش مقدار آهن گیاه و کاهش مقدار عنصر روی و مس را با مصرف بر گزارش کردند. آنها علت را به وجود رابطه متقابل مثبت بین آهن و بر و نیز رابطه متقابل منفی بین مس و روی با بر مربوط دانستند. این نتایج با یافته‌های مظفر (Mozafar, 1989) که عدم تغییر مقدار آهن در برگ گیاه ذرت را با کاربرد بر گزارش کرد، مطابقت نداشت.

برهمکنش باقیمانده بر و روی مصرفی از کشت قبلی بر مقدار عنصر آهن، مس و بر گیاه تأثیر معنی‌داری داشت. این امر بیانگر تأثیر یک عنصر بر تعدیل عناصر دیگر و کاهش آنها می‌باشد. حسین و همکاران (Hosseini et al., 2007) گزارش کردند که روی و بر اثرات برهمکنش معنی‌داری روی رشد و مقدار عناصر غذایی در بافت گیاه دارند که به مقدار مصرف آنها بستگی دارد. آنها عنوان کردند که اثرات برهمکنش روی و بر روی مقدار سایر عناصر غذایی اثر منفی و روی رشد گیاه اثر مثبت دارد.

اثر باقیمانده تیمارهای کمپوست زباله شهری و کود گاوی بر مقدار عنصر روی، آهن، مس و بر گیاه افزایشی و معنی‌دار بود. در واقع با مصرف کمپوست زباله شهری و کود گاوی مقدار زیادی از این عناصر به خاک اضافه شده که اثر باقیمانده آن در کشت بعدی نیز وجود داشته و با افزایش مقدار قابل جذب این عناصر در خاک موجب افزایش مقدار آنها در گیاه می‌گردد. دیلکاستیلو و همکاران (Castilho et al., 1993) مشاهده کردند که حلالیت روی در یک خاک تیمار شده با کود حیوانی، تا حدود ۱۰۰ برابر افزایش یافت. آنها دلیل این افزایش را به افزایش قدرت یونی و مواد آلی محلول مربوط دانستند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد با این که کمپوست دارای مقادیر بیشتری از عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه نسبت به کود گاوی می‌باشد غلظت این عناصر در اندام هوایی گیاه گندم تیمار شده با کود گاوی بیشتر بود که احتمالاً به دلیل معدنی شدن آهسته‌تر و

در افزایش فراهمی این عناصر در خاک بیشتر بوده که احتمالاً می‌توان آن را به بالا بودن درصد کربن آلی کود گاوی نسبت داد. وانگ و همکاران (Wang et al., 2003) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عناصر مس و روی عصاره‌گیری شده با DTPA و افزایش کربن آلی خاک گزارش کردند. پنی (Penney, 2002) نیز به تأثیر عمده مواد آلی در عصاره‌گیری عناصر مس، آهن و به ویژه روی با عصاره گیر DTPA در خاک اشاره کرده است. تأثیر کودهای آلی بر فراهمی عناصر روی، مس، آهن و دیگر عناصر راسمی‌توان به دو صورت مستقیم مانند افزایش غلظت یک عنصر در خاک به علت مقدار زیاد آن عنصر در کود و غیر مستقیم مانند تأثیر بر pH، شوری غلظت‌های یونی، فعالیت‌های میکروبی و رشد ریشه در خاک گزارش شده است (Penny, 2002).

بهبود وضعیت فراهمی عناصر غذایی خاک با کاربرد توام روی و مواد آلی و همچنین اثرات باقیمانده آنها، در تحقیقات متعددی گزارش شده است (Singh and Abrol, 1985; Gupta et al., 1988; Senthil Kumar et al., 2004; Devarajan, 1987). افزایش فراهمی عناصر کم مصرف خاک پس از کاربرد توام کودهای آلی و روی را می‌توان به افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و واکنش‌های کلات‌سازی و در نتیجه افزایش فراهمی عناصر غذایی بومی خاک علاوه بر مقادیر اضافه شده به خاک نسبت داد (Senthil Kumar et al., 2004).

اثر باقیمانده روی از کشت قبلی، روند افزایشی (۸/۲ درصد نسبت به شاهد) در وزن ماده خشک گیاه گندم داشت که احتمالاً به دلیل نقش روی در افزایش کلروفیل برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز در گیاه است (Hemantaranjan & Grag., 1998). سینگ و همکاران (Singh et al., 1990) نیز گزارش کردند که عملکرد ماده خشک گیاه گندم با افزایش سطوح روی افزایش می‌یابد.

تأثیر بر باقیمانده در خاک موجب کاهش وزن خشک گیاه شد. در غلظت‌های زیاد بر، کاهش غلظت کلروفیل، کاهش سطح برگ‌ها، تخریب دیواره سلولی، و تثبیت CO₂ همگی موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شوند (Khan et al., 2009). حسینی و همکاران (Singh et al., 2007) و سینگ و همکاران (Fueherring, 1996) نیز کاهش در وزن خشک گندم و ذرت (*Zea mays* L.) را با کاربرد بر در خاک گزارش کردند.

باقیمانده روی مصرفی از کشت قبلی، اثر افزایشی بر مقدار عنصر آهن، روی و مس گیاهان داشت. کاکماک و همکاران (Cakmak et al., 1999) نیز گزارش کردند که ۲۸ کیلوگرم روی در هکتار از منبع سولفات روی برای اصلاح کمبود روی در گندم برای یک دوره ۷-۴ ساله کافی است. آلووی (Alloway, 2004) نیز بیان داشت که مصرف روی موجب افزایش مقدار آهن گیاه می‌شود. در حالی که روی باقیمانده در خاک، روند کاهشی در مقدار بر گیاه داشت. اثر

زیلادی توانسته غلظت بر در گیاه را کاهش دهد (al., 2007).
(Hosseini et

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این تحقیق و نقش مهم مواد آلی در افزایش حاصلیت عناصر کم مصرف و بهبود فراهمی آنها در خاک و گیاه، کاربرد توام کودهای کم مصرف و کودهای آلی پیشنهاد می شود. همچنین نتایج نشان داد که اثرات باقیمانده کودهای آلی همراه با عناصر بر و روی در خاک حداقل به مدت یک سال می تواند برای گیاه بعدی کارایی بالایی داشته باشد، لذا پیشنهاد می شود قبل از کوددهی برای هر کشت، سوابق کشت و نیز مقادیر کودی اعمال شده قبلی به خاک در نظر گرفته شده و سپس اقدام به توصیه کودی شود تا ضمن جلوگیری از اثرات سوء تجمع عناصر و سمیت آنها، بتوان ضمن حفظ و حراست از محیط زیست، به تولید محصولات در راستای کشت ارگانیک و کشاورزی پایدار کمک نمود. با توجه به اثرات باقیمانده پسماندهای آلی در دراز مدت، پیشنهاد می گردد غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاه، خطرات زیست محیطی احتمالی و نیز محدودیت‌های شوری ایجاد شده در نتیجه اثرات باقیمانده و تجمعی آنها نیز مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

تدریجی کمپوست زباله شهری در مقایسه با کود گاوی و قابل دسترس بودن عناصر به مقدار کافی در کود گاوی و تأمین آنها در هنگام نیاز گیاه می باشد (Rezayinejad & Afuni, 2000).

برهمکنش تیمار مواد آلی باقیمانده در خاک همراه عناصر بر و روی بر مقدار آهن گیاه معنی دار و افزایشی بود. بیشترین آهن گیاه در تیمار کود گاوی همراه با روی و بر باقیمانده در خاک بود که بیانگر اثرات متقابل مثبت عناصر بر و روی در افزایش مقدار آهن گیاه با مصرف مواد آلی است. بیشترین مقدار مس گیاه در تیمار کمپوست زباله شهری بر ۱۰ و روی صفر مشاهده شد. افزایش مس در گیاه در نبود روی می توان به علت اثرات رقابتی بین روی و مس برای جذب مکان‌های انتقال در سطح ریشه باشد. تیمار کمپوست زباله شهری با بر و روی صفر کمترین مقدار مس در گیاه را باعث شد. مواد آلی به عنوان یکی از مهمترین علل جذب سطحی مس در خاک مطرح بوده و در توزیع و سرنوشت مس نقش مهمی دارند. کاهش مقدار مس گیاه با مصرف هر یک از تیمارهای کود گاوی و کمپوست زباله شهری را می توان به تأثیر کودهای آلی در کاهش تحرک مس در خاک مربوط دانست (Singh et al., 1988). نتایج بسیاری از مطالعات نشان می دهد که در تیمارهایی با سطوح پایین روی، غلظت بر در گیاه تا حد سمیت افزایش یافته است، در حالی که فراهمی روی در خاک تا حدود

منابع

- 1- Alloway, B. J. 2004. Zinc in Soils and Crop Nutrition. [http://www.iza.com/zwo-org/ Publications /PDFs /ALLOWAY-all. pdf](http://www.iza.com/zwo-org/Publications/PDFs/ALLOWAY-all.pdf).
- 2- Borzoo, A., and Maftoun, M. 2001. Residual effect of Zn its chemical species on growth and Zn concentration of Wheat in some soils of Fars. 7th Iran Conf. Soil Science, Shahrekord. 4-7 Shahrivar, pp: 416-418. (In persian)
- 3- Cakmak, I., Kalayci, M., Ekiz, H., Braun, H.J., Kiline, Y., and Yilmaz, A. 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-Science for Stability Project. Field Crops Research 60: 175-188.
- 4- Cherati, A. 1996. Effect of phosphorus and organic matter on Zn uptake, growth of barley and chemical species of Zn in two calcareous soils. M.Sc. Thesis. Soil Science Department. Agriculture College. Shiraz University. (In Persian with English Summary)
- 5- Del Castilho, P., Chardon, W. J., and Salomons, W. 1993. Influence of cattle- manure slurry application on solubility of Cd, Cu and Zn in a manured acidic soil, loamy- sand soil. Environment Quality 22: 689- 697.
- 6- Devarajan, R. 1987. Zinc nutrition in green gram. Madras Agriculture 74: 518-521.
- 7- Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2004. Residual Effects of Manure and Compost Applications on Corn Production and Soil Properties. Agronomy Journal 96: 442- 447.
- 8- Fuehring, H.D. 1966. Nutrition of corn (*Zea mays* L.) on a calcareous soil: III. Interaction of zinc and boron with plant population and the relationship between grain yield and leaf composition. Soil Science Society of American Proceeding 30: 489- 494.
- 9- Ginting, D., Kessavalou, A., Eghball, B., and Doran, J.W. 2003. Greenhouse gas emissions and soil indicators four years after manure and compost applications. Journal of Environmental Quality 32: 23-32.
- 10- Gupta, V. K., Potalia, B. S., and Karwasra, P. S. 1988. Micronutrient contents and yield of pigeon pea and wheat as influenced by organic manures and zinc in a pigeon pea-wheat cropping sequence. Haryana Agriculture. University Journal Research 17:346-355.
- 11- Hampton, M., Obreza, T. A., and Stoffella, P. J. 2002. Residual effect of municipal solid waste compost on snap Beans production. University of Florida IFAS. Indian River Research and Education Centre.
- 12- Hemantaranjan, A., and Garge, O. K. 1998. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum sativum* L. Plant Nutrition 11: 1439- 1450.

- 13- Hosseini, S. M., Maftoun, M., Karimian, N., Ronaghi, A., and Emam, Y. 2007. Effect of Zinc × Boron Interaction on Plant Growth and Tissue Nutrient Concentration of Corn. *Plant Nutrition* 30: 773–781.
- 14- Hossain, M. A., Jahiruddin, M., Islam, M. R., and Mian, M. H. 2008. The requirement of zinc for improvement of crop yield and mineral nutrition in the maize–mung bean–rice system. *Plant and Soil* 306: 13–22.
- 15- Hussain, F. 2004. Soil fertility monitoring and management in rice-wheat system. Annual Report, 2003-04 of the Agriculture Linkages Program Project at Land Resources Research Program, National Agricultural Research Centre Islamabad, Pakistan.
- 16- Jalili, F., and Khiyavi, M. 2006. Evaluating effects of Zn and B foliar application concentration on yield and oil percentage in two varieties of canola in Zanjan. 8th Iranian Conference of Soil Science, Rasht. Iran, 9-12 Shahrivar pp: 381-383. (In persian)
- 17- Khan, R., Gurmani, A. R., Khan, M. S., and Gurmani, A. H. 2009. Residual, direct and cumulative effect of zinc application on wheat and rice yield under rice-wheat system. *Soil and Environment* 28: 24-28.
- 18- Lo´pez-Lefebvre, L. R., Rivero, R. M., Garcia, P. C., Sa´nchez, E., Ruiz, J. M., and Romero, L. 2002. Boron effect on mineral nutrients of Tobacco. *Plant Nutrition* 25: 509–522.
- 19- Mozafar, A. 1989. Boron Effect on Mineral Nutrition of Maize. *Agronomy Journal* 81: 285–290.
- 20- Nable, R. O., Banuelos, G. S., and Paull, J. G. 1997. Boron toxicity. *Plant and Soil* 198: 181-198.
- 21- Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties* (2nd edition). American Society of Agronomy, Soil Science of American Publisher. Madison, Wisconsin. USA.
- 22- Penney, D. 2002. *Micronutrients, Agriculture, Food and Rural Development*. ASEA. Soil Quality Benchmark Sites.
- 23- Qury, F. X., Leenhardt, F., Remesy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., and Charmet, G. 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy* 25: 177-185.
- 24- Rangbar, G. A., and Bahmaniar, M. A. 2007. Effect of soil and foliar application of Zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences* 6: 1000-1005.
- 25- Rashid, A. 2005. Establishment and management of micronutrients deficiencies in soils of Pakistan: a review. *Soil and Environment* 24: 1-22.
- 26- Rasooli, F., and Maftoun, M. 2003. Effect of organic matter with and without Nitrogen on growth and chemical composition of Wheat. 8th Iranian Conference of Soil Science, Rasht. pp: 413-414. (In persian)
- 27- Rezayinejad, Y., and Afuni, M. 2000. Effect of organic matter on chemical soil properties, element uptake by corn and its yield. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 4: 19- 28. (In persian with English Summary).
- 28- Richards, L. A. 1956. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil*. USDA. Agriculture Handbook. No, 60. Washington.
- 29- Senthil Kumar, P. S., Aruna Geetha, S., Savithri, P., Jagadeeswaran, R., and Rangunath, K. P. 2004. Effect of Zn enriched organic manures and zinc solubilizer application on the yield, curcumin content and nutrient status of soil under turmeric cultivation. *Applied Horticulture* 6: 82-86.
- 30- Singh, J. P., Dahiya, D. J., and Narwal, R. P. 1990. Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Fertilizer Research* 24: 105-110.
- 31- Singh, J. P., Karwasara, S. P. S., and Singh, M. 1988. Distribution and forms of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils of India. *Soil Science* 146: 359- 366.
- 32- Singh, M. V., and Abrol, I. P. 1985. Direct and residual effect of fertilizer zinc application on the yield and chemical composition of rice-wheat crops in an alkali soil. *Fertilizer Research* 8: 179-191.
- 33- Sinha, P., Jain, R., and Chatterjee, C. 2000. Interactive effect of boron and zinc on growth and metabolism of mustard. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 31: 41- 49.
- 34- Smith, J., and Doran, W. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. Pp: 169- 185. In: J. W. Doran and A.J. Jones (Eds.), *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of American Publication, 49, SSSA, Madison, WI.
- 35- Swietlik, D. 1995. Interaction between zinc deficiency and boron toxicity on growth and mineral nutrition of sour orange seedlings. *Plant Nutrition* 18: 1191–1207.
- 36- Wang, S. P., Wang, Y. F., Chen, Z. Z., Fleckenstin, J., and Chung, E. 2003. Status of Iron, manganese, copper, and zinc of soils and their requirement for ruminants in Inner Mongolia steppes of china. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 655- 670.
- 37- Zia, M. S., Ali. A., Aslam, M., Hussain, F., and Yasin, M. 1996. Fertilizer use efficiency and soil Fertility. Annual Report Land Resources Research Institute, National Agricultural Research Centre Islamabad, Pakistan.