نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 3، شماره 1، بهار 1390، ص. 24-17

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 1, Spring 2011, p. 17-24

مقایسه دو نوع کود آلی همراه با عناصر بر و روی بر برخی خصوصیات رشدی، غلظت و جذب عناصر غذایی ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.)

طیبه نژادحسینی[1]، علیرضا آستارایی[2*]، رضا خراسانی[3] و حجت امامی[3]

تاریخ دریافت: 1389/03/29
تاریخ پذیرش: 1389/09/03

چکیده

تأثیر دو نوع کود آلی (کود گاوی و کمپوست زباله شهری) همراه با عناصر بر و روی بر خصوصیات رشدی، غلظت و جذب عناصر غذایی گیاه ارزن (*Panicum miliaceum* L.) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط مزرعه در منطقه قاین مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای اصلی شامل کود گاوی و کمپوست زباله شهری (هر کدام در دو سطح صفر و 25 تن در هکتار) و تیمارهای فرعی شامل عناصر روی (صفر و 50 کیلوگرم در هکتار) و بر (صفر و 10 کیلوگرم در هکتار) با سه تکرار بودند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر وزن ماده خشک، تعداد پنجه و ارتفاع گیاه ارزن معنی‌دار بود. برهمکنش کود گاوی همراه با عناصر بر و روی بیشترین وزن کل ماده خشک را تولید کرد. غلظت عناصر نیتروژن، آهن، روی، بر و مس گیاه در اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی، نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. برهمکنش کودآلی همراه با عنصر بر بدون روی، موجب افزایش چشمگیر غلظت بر در شاخساره گیاه گردید، در حالی که برهمکنش کود آلی همراه با عنصر بر و در حضور روی توانست تا حدی غلظت بر گیاه را کاهش دهد. تیمار برهمکنش کود گاوی همراه با روی و بر بیشترین تأثیر را در افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و بر گیاه ارزن نشان داد.

واژه‌های کلیدی: کود گاوی، کمپوست زباله شهری، تغذیه گیاه، عناصر کم مصرف

مقدمه

مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی به ویژه کودهای فسفری سبب به هم خوردن توازن عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف در خاک شده که به کاهش جذب آهن، روی، مس و بر به وسیله گیاه می‌انجامد (Bybordi, 2007). شرایط آهکی و قلیایی در خاک‌های زراعی از دیگر عوامل محدود کننده جذب عناصر کم‌مصرف می‌باشند (Rajaie & Ziaeyan, 2009; Rajaie et al., 2009). در خاک‌های آهکی با ماده آلی کم این عناصر به اندازه کافی به وسیله گیاهان جذب نشده و کمبود آنها به دلیل ایجاد ترکیب‌های نامحلول در خاک به فراوانی در گیاهان مشاهده می‌شود (Havlin et al., 2005; Adiloglu, 2006).

روی در تشکیل و فعالیت هورمون‌های رشد، طویل شدن فاصله گره‌ها، تشکیل کلروپلاست، احیای مواد، سنتز نوکلئوتیدها، تنظیم آب گیاه و نشاسته دانه غلات مؤثر است. همچنین گزارش‌هایی مبنی بر کاهش تعداد پنجه گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط کمبود روی وجود دارد (Kumar Das, 1997).

پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد نمک‌های بر و روی در خاک، می‌تواند ارتفاع، وزن خشک شاخساره و غلظت عناصر غذایی ذرت (*Zea mays* L.) را تحت تأثیر قرار دهد (Hosseini et al., 2007). همچنین روی اعمال شده به خاک، برای کنترل جذب و سمیت بر اهمیت بسیاری دارد و یک مکانیسم حفاظتی در برابر جذب زیاد بر فراهم می‌کند (Rajaie et al., 2009).

فراهمی عناصر کم مصرف در خاک‌های آهکی کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاهان است، مواد آلی افزون بر اثر اصلاحی روی ویژگی‌های فیزیکی خاک، از طریق کلات کردن مواد غذایی، قابلیت جذب و فراهمی آنها را در خاک افزایش می‌دهند (Shayan & Charm, 2007).

ارزش غذایی کودهای آلی مانند کود گاوی و کمپوست زباله

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir)

شهری و نقش آنها در افزایش غلظت و جذب عناصر غذایی در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (Ouda & Mahadeen, 2008; Lupway et al., 1998; Rezayinejad & Afuni, 2000).

در منطقه قاین، بسیاری از اراضی به دلیل بالا بودن pH و کمبود مواد آلی خاک دچار کمبود عناصر کم مصرف بوده که نتیجتاً کاهش عملکرد و کیفیت محصولات به ویژه غلات را باعث گردیده است. بنابراین با توجه به اینکه اطلاعات در مورد برهمکنش عناصر روی، بر و مواد آلی و اثرات آنها بر خصوصیات خاک و رشد گیاه محدود است و همچنین مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف توسط کشاورزان مرسوم نیست؛ پژوهش حاضر به منظور مقایسه دو نوع کود آلی (کود گاوی و کمپوست زباله شهری) همراه با عناصر بر و روی بر برخی خصوصیات رشدی، غلظت و جذب عناصر غذایی گیاه ارزن (*Panicum miliaceum* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این بررسی در یک خاک آهکی (Fine loamy, mixed thermic Typic haplocalcids) روی گیاه ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) در شرایط مزرعه در منطقه نیمبلوک قاین اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار بود. تیمارهای اصلی شامل دو نوع کود آلی، کمپوست زباله شهری[1] (MSWC) و کود گاوی[2] (CM) (هر کدام به مقدار 25 تن در هکتار)، تیمارهای فرعی عنصر روی با دو سطح (صفر و 50 کیلوگرم در هکتار با استفاده از نمک سولفات روی) و عنصر بر با دو سطح (صفر و 10 کیلوگرم در هکتار با استفاده از اسید بوریک) و شاهد، روی گیاه ارزن انجام شد. ابتدا کرت‌های آزمایشی به ابعاد 1×1 متر با فاصله 50 سانتی متر بین کرتها و 75 سانتی‌متر بین تکرارها در مزرعه‌ای در منطقه نیمبلوک قاین آماده‌سازی شد و از هر کرت نمونه‌های خاک از عمق 15-0 سانتی‌متری برداشت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت تعیین شدند (جدول 1). خصوصیات کودهای آلی نیز در جدول 2 آمده است. تیمارهای کود آلی سه ماه قبل از کشت به کرت‌های آزمایشی مورد نظر اضافه کرده و تا عمق 15 سانتی‌متری با خاک هر کرت مخلوط شدند. تیمار روی با استفاده از نمک سولفات روی قبل از کشت با خاک کرت‌های مربوطه مخلوط شد. تیمار بر با استفاده از نمک اسید بوریک 10 روز بعد کشت در دو قسمت مساوی به فاصله 14 روز همراه با آب آبیاری به کرت‌های مورد نظر اضافه شد. بذر ارزن (رقم معمولی) در تاریخ 10 تیر ماه 1387 با فاصله بین ردیف 20 سانتی‌متر روی پشته‌ها کشت شده و 15 روز بعد از کاشت تعداد بوته‌های روی هر پشته به 10 عدد تنک شدند. در طول دوره رشد کلیه مراقبت‌های زراعی مطابق عرف منطقه انجام شد. در پایان دوره رشد (20 مهر 1387) گیاه برداشت و برخی خصوصیات رشدی شامل ارتفاع و تعداد پنجه در بوته گیاه و همچنین صفات کیفی مورد نظر اندازه‌گیری و تعیین شدند. مقادیر pH گل اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع و درصد کربن آلی خاک به روش تیتراسیون با آمونیوم فروسولفات نیم نرمال (Page et al., 1982) اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه گیری نیتروژن کاه و کلش و دانه، هضم نمونه‌های گیاهی به روش والف با اسید سولفوریک و کاتالیزور (Rayan, 2001)، مقادیر فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی از روش هضم تر گیاه (Richards, 1954) و مقادیر بر نمونه های گیاهی طبق روش رنگ سنجی (Bingham, 1982) صورت گرفت. سپس فسفر و بر نمونه‌ها به وسیله اسپکتروفتومتر (مدل WAP)، پتاسیم به وسیله فلیم فتومتر (مدل Jeneway)، عناصر کم مصرف به وسیله دستگاه جذب اتمی (مدل Shimadzu, AA-670) قرائت شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و JMP 4 انجام و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح اطمینان پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن کل خشک شاخساره: مقایسه دو نوع کود آلی نشان داد که کود گاوی نسبت به کمپوست زباله شهری برتری معنی داری داشت، به طوری که وزن خشک شاخساره با کاربرد کمپوست زباله شهری معادل 105/9 درصد و با کاربرد کود گاوی معادل 139/7 درصد افزایش نسبت به شاهد نشان دادند (شکل 1). علت تأثیر مثبت مصرف کود گاوی در مقایسه با کمپوست زباله شهری و شاهد احتمالاً به دلیل معدنی شدن آهسته‌تر و تدریجی کمپوست زباله شهری 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 کود آلی، روی و بر نیز اختلاف معنی‌داری در مقادیر وزن کل خشک شاخساره گیاه ایجاد کرد (جدول 3). بیشترین وزن کل خشک شاخساره (651 گرم در متر مربع) در اثر برهمکنش کود گاوی، عناصر روی و بر تولید شد که بیانگر اثرات مثبت در تعادل عناصر غذایی برای گیاه در نتیجه ترکیب این دو عنصر در حضور کود گاوی است.

تعداد پنجه: کاربرد تیمارهای کود آلی، اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) را در میانگین تعداد پنجه در بوته گیاه ایجاد کرد (جدول 3). بیشترین تعداد پنجه در بوته با کاربرد تیمار کود گاوی و روی (6/3) و کمترین آن در تیمار کمپوست زباله شهری (3/6) مشاهده شد.

1- Municipal solid waste compost
2- Cow manure

جدول 1- خصوصیات خاک مورد بررسی قبل از شروع آزمایش

Table 1- Soil properties before starting experiment

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	آهک (درصد) $CaCO_3$ (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)	روی Zn	آهن Fe	منیزیوم Mn	کلسیم Cu	بر B
						میلی‌گرم در کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)				
0-15	لوم رسی	13	5.20	7.3	0.42	0.98	4	5	0.8	0.46

جدول 2- خصوصیات کود گاوی وکمپوست زباله شهری

Table 2- Chemical properties of cow manure and municipal solid waste compost

تیمارها Treatments	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)	روی Zn	آهن Fe	منیزیوم Mn	کلسیم Cu	بر B
				میلی‌گرم در کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)				
کمپوست زباله شهری MSWC	7.91	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

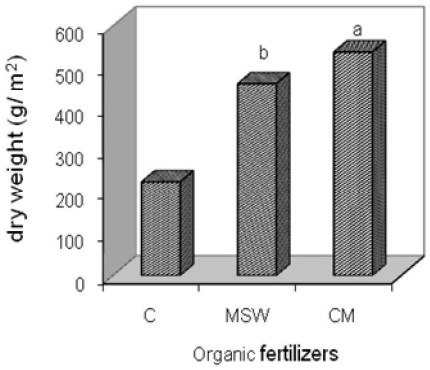
مقایسه میانگین تعداد پنجه نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در اثر برهمکنش تیمارهایی به دست آمد که غلظت مس شاخساره کمتری داشتند. نتایج مربوط به همبستگی بین پارامترهای رشدی با غلظت عناصر (جدول 7) نشان داد که تعداد پنجه در بوته و غلظت مس شاخساره همبستگی منفی و معنی‌داری دارند. بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش غلظت مس در گیاه در نتیجه افزایش عناصر موجب افزایش پنجه‌زنی در گیاه شده است. مارشنر (Marschner, 1995) نتیجه‌گیری کرد که افزایش میزان پنجه‌زنی در غلات و تولید شاخه‌های فرعی در دولپه‌ای‌ها از نشانه های غیرمستقیم کاهش مقدار مس در این گیاهان بوده که در اثر از بین رفتن مریستم انتهایی ایجاد می‌شود.

ارتفاع گیاه: مقایسه دو نوع ماده آلی نشان داد که کود گاوی در مقایسه با کمپوست زباله شهری موجب افزایش بیشتر ارتفاع گیاه شده است (شکل2). ارتفاع گیاه با کاربرد کود گاوی معادل 36/7 و با کاربرد کمپوست زباله شهری 8/6 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت.

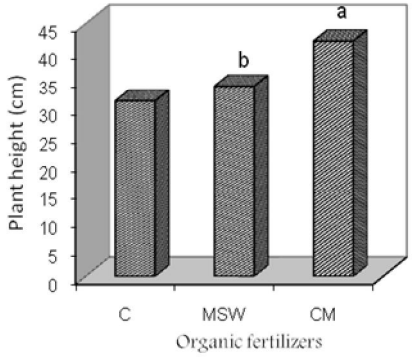
مقایسه میانگین ارتفاع گیاه نشان داد که برهمکنش تیمارهای آزمایشی به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار داد (جدول 3). ارتفاع گیاه در تیمار کاربرد کود گاوی به تنهایی (در نبود روی و بر) 44/53 بود که با افزایش بر در تیمار کاربرد توأم کود گاوی و 10 کیلوگرم در هکتار بر (در نبود روی) به41/66 کاهش یافت. اثرات زیان بار کاربرد عنصر بر روی ارتفاع گیاه در تحقیقات حسین و همکاران (Hosseini et al., 2007) نیز گزارش شده است. در حالی که ارتفاع گیاه در تیمار کاربرد توأم کود گاوی، روی و بر به 42/86 رسید که این مساله نشان می‌دهد که کاربرد روی تا حدودی می‌تواند اثرات منفی کاربرد بر روی ارتفاع گیاه را کاهش دهد (جدول 3).

محتوی عناصر غذایی گیاه: مقایسه میانگین غلظت نیتروژن شاخساره در اثر برهمکنش تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) را نشان داد (جدول 4). بیشترین غلظت نیتروژن شاخساره با 82/3 درصد افزایش معنی‌دار در تیمار کاربرد توأم کود گاوی، روی و بر نسبت به شاهد مشاهده شد که در مقایسه با سایر تیمارهای کودی نیز اختلاف معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن برهمکنش کود آلی به همراه روی و بر در مقایسه با کاربرد کود گاوی و یا کمپوست زباله شهری به تنهایی، بیانگر این است که کودهای آلی برای رشد بهینه و تأمین عناصر ضروری به ویژه نیتروژن گیاه به تنهایی کافی نیستند. تحقیقات نشان داد که تنها 40 درصد نیتروژن موجود در کود دامی و 20 درصد نیتروژن کمپوست زباله شهری در سال اول برای گیاه فراهم و قابل دسترس بوده و در سال‌های بعدی فراهمی نیتروژن کود آلی افزایش و مورد استفاده گیاه قرار خواهدگرفت (Eghball et al., 2004).

همچنین اثرات برهمکنش بین تیمارهای آزمایشی نشان داد که در حضور هر دو نوع کود آلی، کاربرد توأم عناصر روی و بر موجب افزایش غلظت فسفر گیاه نسبت به سایر تیمارها گردید اما در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار نشد (جدول 4). اثرات مثبت عناصر بر و روی بر افزایش غلظت نیتروژن و فسفر در تحقیقات متعددی گزارش شده است (López et al., 2002; Savaghebi firoozabadi et al., 2003; Hosseini et al., 2005). ثواقبی فیروزآبادی و همکاران (Savaghebi firoozabadi et al., 2003) گزارش کردند که روی مصرفی موجب افزایش غلظت نیتروژن و فسفر شاخساره در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) نسبت به شاهد شد.



شکل 1- اثر تیمارهای کود آلی بر وزن خشک شاخساره ارزن
Fig. 1- Effect of organic fertilizer traits on millet dry weight



شکل 2- اثر تیمارهای کود آلی بر ارتفاع ارزن
Fig. 2- Effect of organic fertilizer traits on millet plant height

جدول 3- اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر عملکرد ماده خشک، تعداد پنجه در بوته و ارتفاع گیاه ارزن
Table 3- Interaction effect of treatments on millet plant total dry weight, height and tiller numbers

ارتفاع گیاه (cm) Plant height (cm)	تعداد پنجه در بوته Tiller numbers per plant	عملکرد ماده خشک ($g.m^{-2}$) Total dry weight ($g.m^{-2}$)	بر B	روی Zn	تیمارکود آلی Organic treatment
44.53 a	4.44 c	522.00 b*	0	0	گاوی Cow manure
41.66 c	3.65de	475.00 d	10		
41.66 c	6.26a	505.33 c	0	50	
42.86 b	4.01d	651.00 a	10		
33.13 e	3.60f	395.67 f	0	0	کمپوست MSWC
31.43 f	6.03b	510.00 c	10		
35.60 d	4.43c	526.67 b	0	50	
35.40 d	3.79e	417.67e	10		
31.20	4.30	224.60			شاهد (Control)

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد ندارند.
* Means with the same letter(s) in each column are not significant at 5% probability.

عنصر بر نیز در متابولیسم نیتروژن و فسفر و همچنین در ساخت آمینواسیدها و پروتئین نقش مهمی دارد (López et al., 2002). رجایی (Rajaie et al., 2009) گزارش کردند که با کاربرد عنصر بر غلظت نیتروژن و فسفر شاخساره گیاه لیمو (*Citrus* sp.) به طور معنی‌داری افزایش داشت. (Hosseini et al., 2007) نیز نتایج مشابهی را در گیاه ذرت گزارش کردند. بر اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در غلظت پتاسیم شاخساره مشاهده نشد (جدول 4).

تجزیه واریانس تأثیر برهمکنش تیمارهای کودی بر غلظت آهن گیاه اختلاف معنی داری ($p>0/05$) نشان داد (جدول 5). بیشترین غلظت آهن شاخساره (274/65) در تیمار برهمکنش کود گاوی همراه با عنصر بر (در غیاب روی) و سپس در تیمار برهمکنش کود گاوی، روی و سطح صفر بر (207/52) مشاهده شد. اطلاعات کمی درباره تأثیر عنصر بر روی غلظت عناصر کم‌مصرف موجود است و نتایج موجود بر حسب نوع گونه‌های گیاهی بررسی شده متفاوت می‌باشد (López et al., 2002). حسین و همکاران (Hosseini et al., 2005) با بررسی عنصر بر روی گیاه برنج (*Oriza sativa* L.) و مظفر (Mozafar, 1989) با بررسی عنصر بر روی گیاه ذرت نتیجه‌گیری کردند که غلظت آهن برگ به وسیله حضور عنصر بر مصرفی در خاک تحت تأثیر قرار نگرفت. در حالی که لوپز و همکاران (López et al., 2002) گزارش کردند که با افزایش کاربرد سطوح عنصر بر در خاک، غلظت آهن گیاه افزایش یافت.

اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر غلظت روی شاخساره گیاه معنی‌دار شد (جدول 5). بیشترین غلظت روی شاخساره (72/96) در اثر برهمکنش کمپوست زباله شهری و سطوح صفر روی و بر و سپس در تیمار برهمکنش کود گاوی، روی و بر (65/04) مشاهده شد. با بررسی نتایج مربوط به جذب عناصر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در تیمار کاربرد کمپوست زباله شهری به تنهایی، افزایش غلظت روی شاخساره گیاه اثر تجمعی بوده است که ناشی از کاهش رشد گیاه می‌باشد.

جدول 4- اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر غلظت و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه ارزن

Table 4- Treatment Interaction effects on N, P and K concentrations and their uptake by millet plant

جذب عناصر (کیلوگرم در هکتار) Nutrient uptake ($kg.ha^{-1}$)			غلظت (درصد) Concentration (%)			بر	روی	کود آلی
پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	B	Zn	Organic Fertilizer
54.73b	2.65e	69.43e	1.04a	0.05a	1.33d*	0	0	کودگاوی Cow manure
46.51c	6.17b	78.13d	0.98a	0.13a	1.64c	10		
41.38c	4.15d	103.27b	0.82a	0.08a	2.04b	0	50	
71.96a	9.76a	141.27a	1.10a	0.15a	2.17a	10		
42.72c	2.21e	49.31f	1.08 a	0.06a	1.24e	0	0	کمپوست زباله شهری MSWC
42.40c	3.54d	84.39c	0.83a	0.07a	1.65c	10		
47.05c	4.15d	69.53e	0.89a	0.08a	1.32d	0	50	
31.88d	4.59c	86.81c	0.76 a	0.11a	2.08b	10		
18.86	1.79	26.72	0.84	0.08	1.19			شاهد Control

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد

* Means with the same letter/s in each column are not significant at 5% probability.

برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در میانگین غلظت مس شاخساره ایجاد کرد (جدول 5). بیشترین غلظت مس در شاخساره گیاه در اثر برهمکنش کود گاوی و بر (در غیاب روی) (29/42) و سپس در تیمار برهمکنش کود گاوی و سطوح صفر روی و بر (18/43) مشاهده شد. همچنین کمترین میانگین غلظت این عنصر در گیاه، در اثر برهمکنش کود گاوی و روی (در عدم حضور بر) (11/68) تولید شد. کاهش غلظت مس در شاخساره با کاربرد عنصر روی احتمالاً به علت برهمکنش منفی بین آنها و رقابت آنها برای جذب مکان‌های انتقال در سطح ریشه می‌باشد. کاهش غلظت مس شاخساره با کاربرد روی در تحقیقات سایر محققان (Loneragan & Webb, 1993; Rajaie et al., 2009; Swietlik, 2000) نیز گزارش شده است.

برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر غلظت عنصر بر شاخساره گیاه معنی‌دار ($p<0/05$) گردید (جدول 5). بیشترین غلظت بر شاخساره در اثر برهمکنش کمپوست زباله شهری و عنصر بر (در غیاب روی) (47/93 میلی‌گرم در کیلوگرم) و سپس در تیمار برهمکنش کود گاوی و بر (در غیاب روی) (45/8 میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. غلظت بیشتر عنصر بر در گیاه در تیمارهای فاقد عنصر روی ممکن است به علت افزایش جذب و انتقال عنصر بر از ریشه به شاخساره گیاه باشد. تحقیقات انجام شده نیز نشان می‌دهند که ریشه گیاهانی که عنصر روی کافی در اختیار داشته باشند، چنین به نظر می‌رسد که کارایی زیادی در محدودیت تجمع بر در اندام هوایی گیاه داشته باشند (Grewal et al., 1998; López et al., 2002).

جذب عناصر غذایی در گیاه: در اثر برهمکنش تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری در مقادیر جذب نیتروژن توسط شاخساره گیاه مشاهده شد (جدول 4). بیشترین مقدار جذب نیتروژن در اثر برهمکنش کود گاوی همراه با عناصر روی و بر (141/27 میلی‌گرم در کیلوگرم) و کمترین مقدار آن در شاهد (26/72 میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد.

جدول 5- اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر غلظت عناصر آهن، روی، مس و بر گیاه ارزن

Table 5- Treatment interaction effects on Fe, Zn, Cu and B concentrations in millet plant

بر B	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	بر B	روی Zn	Organic Fertilizer	کود آلی
میلی‌گرم در کیلوگرم ($kg.kg^{-1}$)							
32.83d	18.43b	62.34 de	109.55 f*	0	0	کودگاوی Cow manure	
45.80 b	29.42 a	63.46 c	274.65 a	10			
30.23e	11.68e	61.88ef	207.52 b	0	50		
40.20 c	13.63 cd	65.04 b	106.90ef	10			
32.67d	18.35 b	72.96 a	97.90 f	0	0	کمپوست زباله شهری MSWC	
47.93 a	16.30c	64.50 b	103.33ef	10			
28.63 f	13.50d	63.21 cd	122.18 d	0	50		
40.23 c	14.78cd	61.08 f	133.73c	10			
28.60	13.46	61.44	83.60			شاهد Control	

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد

* Means with the same letter/s in each column are not significant at 5% probability.

جدول 6- اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر جذب عناصر آهن، روی، مس و بر به وسیله گیاه ارزن

Table 6- Treatment interaction effects on millet plant uptake of Fe, Zn, Cu and B

بر B	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	بر B	روی Zn	کودآلی Organic Fertilizer
میلی‌گرم در هکتار ($kg.ha^{-1}$)						
0.17d	0.09a	0.32c	0.57e	0	0	کودگاوی Cow manure
0.21c	0.14 a	0.30e	1.30a	10		
0.15f	0.05a	0.31d	1.04b	0	50	
0.26a	0.08a	0.42a	0.69c	10		
0.12g	0.07a	0.28f	0.38f	0	صفر	کمپوست زباله شهری MSWC
0.24b	0.08 a	0.32b	0.52e	10		
0.15f	0.07a	0.33b	0.64d	0	50	
0.16e	0.06a	0.25g	0.55e	10		
0.05	0.03	0.13	0.18	شاهد (Control)		

* میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح 5 درصد

* Means with the same letter/s in each column are not significant at 5% probability.

تأثیر بارز کود گاوی در افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه در تحقیقات متعددی گزارش شده است. لیپوی و همکاران (Lupway et al., 2000) گزارش کردند که کاربرد کود گاوی در خاک موجب افزایش معنی دار جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت نسبت به شاهد می شود. رضایی نژاد و افیونی (Rezayinejad & Afuni, 2000) در بررسی تأثیر کود گاوی و کمپوست زباله شهری بر جذب عناصر توسط گیاه ذرت نتیجه‌گیری کردند که غلظت و جذب کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط ذرت در تیمار کود گاوی حداکثر و در تیمار کمپوست زباله شهری و شاهد حداقل شد.

عناصر بر و روی در متابولیسم و جذب نیتروژن نقش مهمی دارند (López et al., 2002; Fatma et al., 2001). به نظر می‌رسد که کاربرد 10 کیلوگرم در هکتار عنصر بر و 50 کیلوگرم در هکتار روی به تنهایی تأثیری مثبت بر جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه داشته باشند، همچنین برهمکنش این دو عنصر نیز می تواند جذب عناصر ذکر شده را تشدید کند.

برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را در جذب فسفر و پتاسیم توسط شاخساره گیاه ارزن ایجاد کرد (جدول 4). بیشترین مقدار جذب فسفر (9/76 میلی‌گرم در کیلوگرم) در اثر برهمکنش کود گاوی همراه عناصر روی و بر و سپس در تیمار برهمکنش کود گاوی با عنصر بر و در غیاب روی (6/17 میلی‌گرم در کیلوگرم) مشاهده شد. در آزمایشی روی بادام زمینی نتیجه‌گیری شد که عنصر بر تأثیر مثبتی روی جذب فسفر توسط گیاه دارد (Patel & Golakia, 1986). این نتایج می‌تواند احتمالاً به دلیل اثر مطلوب عنصر بر روی نفوذپذیری پلاسمالما در سطح ریشه باشد که موجب افزایش جذب فسفر می‌شود (Patel & Golakia, 1986). همچنین تحقیقات انجام شده در مورد رابطه عنصر بر و فسفر نشان می‌دهد در شرایط کمبود عنصر بر، جذب فسفر کاهش می‌یابد (López et al., 2002).

بیشترین جذب پتاسیم نیز با 281/5 درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار برهمکنش کود گاوی با عناصر روی و بر مشاهده شد (جدول 4). (López et al., 2002) با کاربرد عنصر بر مشاهده کردند که جذب و انتقال عناصر فسفر و پتاسیم به اندام‌های هوایی توتون (*Nicotina tabaccum* L.) افزایش یافت. رجایی و همکاران (Rajaie et al., 2009) با کاربرد مقادیر 2/5 و 5 میکروگرم کود بر در هر گرم خاک مشاهده کردند که جذب کل پتاسیم توسط گیاه لیمو افزایش یافت و علت آن را برهمکنش مثبت بین بر و پتاسیم بیان کردند. این پژوهشگران عنوان کردند که بیشترین مقادیر جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم با کاربرد همزمان مقادیر 2/5 و 10 میکروگرم بر و روی در هر گرم خاک به دست آمد.

برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری را در جذب آهن توسط شاخساره گیاه ارزن نشان داد (جدول 6). بیشترین جذب آهن (1/30) در تیمار برهمکنش کود گاوی همراه با عنصر بر (در غیاب روی) و کمترین آن در شاهد (0/18) مشاهده شد. پاتل و گلاکیا (Patel & Golakia, 1986) گزارش کردند که کاربرد عنصر بر تا 2 میکروگرم درهر گرم خاک، جذب آهن را توسط گیاه بادام زمینی افزایش می‌دهد. اثر کودهای آلی به خصوص کود گاوی روی جذب آهن می‌تواند احتمالاً به دلیل کربن آلی موجود در این کود باشد که به عنوان یک منبع انرژی برای میکروارگانیسم‌های خاک عمل کرده و در طی فرآیند معدنی شدن، با آزاد کردن اسیدهای آلی موجب کاهش pH خاک به صورت موضعی شود و فراهمی و جذب آهن را توسط گیاه افزایش دهد (Ouda & Mahadeen, 2008).

تجزیه واریانس میانگین‌های جذب روی، در اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی داری نشان داد (جدول 6). بیشترین مقدار جذب روی (0/42) در اثر برهمکنش کود گاوی، بر و روی و سپس در تیمار برهمکنش کمپوست و روی و در غیاب بر (0/33)

مشاهده شد. به نظر می‌رسد که کاربرد توأم عناصر بر و روی در حضور کود گاوی شرایط مناسبی را از نظر تعادل تغذیه‌ای برای گیاه فراهم کرده و گیاه در حضور این تیمار بیشترین رشد و عملکرد ماده خشک را تولید کرده است که این مسأله می‌تواند به افزایش جذب عناصر منجر شود. کاربرد تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری در مقدار جذب مس توسط شاخساره ارزن ایجاد نکرد (جدول 6).

در اثر برهمکنش تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در جذب بر توسط شاخساره گیاه ایجاد شد (جدول 6). به طوری که جذب بر توسط گیاه از 0/05 (کیلوگرم در هکتار) در شاهد به 0/26 (کیلوگرم در هکتار) در تیمار برهمکنش کود گاوی، بر و روی افزایش یافت. افزایش جذب بر در این تیمار احتمالاً در نتیجه تعادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک و افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌باشد.

بین غلظت عناصر نیتروژن و روی شاخساره همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد که احتمالاً دلیل آن نقش روی در تبدیل نیتروژن به پروتئین و اسیدهای آمینه می‌باشد. بین غلظت عناصر آهن و مس و همچنین بین عناصر بر و مس شاخساره همبستگی مثبت معنی‌داری وجود داشت. این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش غلظت عناصر آهن و بر در شاخساره گیاه غلظت مس نیز افزایش می‌یابد (جدول 7).

نتایج کلی این آزمایش نشان داد که تیمار برهمکنش کود گاوی همراه با عناصر بر و روی بیشترین مقادیر وزن خشک کل شاخساره، غلظت و جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی و بر گیاه را باعث گردید. احتمالاً pH بالا، شرایط آهکی و پایین بودن غلظت عناصر کم مصرف به ویژه عنصر روی در خاک باعث شده که پاسخ گیاه به کاربرد عناصر کم مصرف روی و بر مثبت باشد. بنابراین با توجه به این نتایج و نقش مهم مواد آلی در افزایش حلالیت عناصر کم مصرف و بهبود غلظت و جذب آنها در گیاه، کاربرد توأم عناصر بر، روی همراه با کودهای آلی پیشنهاد می‌شود.

جدول 7- نتایج همبستگی بین برخی صفات اندازه گیری شده در آزمایش

Table 7- Correlations of some measured parameters

	عملکرد کل ماده خشک Total dry matter yield	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد پنجه Tiller number	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	بر B
عملکرد کل ماده خشک Total dry matter yield	1						
ارتفاع گیاه Plant height	0.57*	1					
تعداد پنجه Tiller number	0.21	0.008	1				
آهن Fe	-0.13	0.17	0.01	1			
روی Zn	0.04	-0.35	-0.23	-0.34	1		
مس Cu	-0.3	-0.05	-0.52*	0.60*	0.11	1	
بر B	0.05	-0.31	-0.03	0.19	0.11	0.42	1

* معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد

* is significant at 5% probability.

منابع

1- Adiloglu, A., and Adiloglu, S. 2006. The effect of boron (B) application on the growth and nutrient content of maize in zinc (Zn) deficient soils. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2: 1-4.

2- Adiloglu, S. 2006. The effect of increasing nitrogen and zinc doses on the iron, copper and manganese contents of maize plant in calcareous and zinc deficient soils. Asian Journal of Plant Sciences 5: 504- 507.

3- Bingham, F.T. 1982. Boron. In: Page, A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society of Agronomy Madison, WI. pp. 431-448.

4- Bybordi, A. 2007. Effect of foliar applications of Iron and zinc on the yield and quality of white Qom and red ray onion varieties in grown Khosrowshahr regions. Pajouhesh & Sazandegi 74: 153-160. (In Persian with English Summary)

5- Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. Agronomy 96: 442-447.
6- Erhart, E., Hartl, W., and Putz, B. 2005. Biowaste compost effects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agriculture crops. European Journal of Agronomy 23: 305- 314.
7- Fatma, S., Shalaby, M.M., and Ratab, K.A. 2001. Wheat response to nitrogen and zinc fertilization under saline condition in calcareous soil. Soil Science (Kemet Group).
8- Governog, J., Gaskin, J., Faucette, B., and Borden, D. 2003. The compost white paper (large–scale composting in Georgia). Prepared for the pollution presentation assistance division. Department of Natural Resource Atlanta. Georgia.
9- Grewal, H.S., Graham, R.D., and Stangoulis, J. 1998. Zinc-boron interaction effects in oilseed rape. Plant Nutrition 21: 2231-2243.
10- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 2005. Soil fertility and fertilizer. An introduction to nutrient management. Upper Saddle River, Newjersey. 515pp.
11- Hosseini, S.M., Maftoun, M., Karimian, N., Ronaghi, A., and Emam, Y. 2005. Effect of different Zn and B levels and two resource of Zinc on growth and rice chemical composition. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36: 869- 883. (In Persian with English Summary)
12- 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. Journal of Plant Nutrition 30: 773- 781.
13- Kumar Das, D. 1997. Introductory soil science. Kalyani Publishers, India.
14- López-Lefebre, L.R., Rivero, R.M., García, P.C., Sánchez, E., Ruiz, J.M., and Romero, L. 2002. Boron effect on mineral nutrients of tobacco. Plant Nutrition 25: 509–522.
15- Loneragan, J.F., and Webb, M.J. 1993. Interaction between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: Robson, A.D. (Ed.), Zinc in soils and plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 119-134.
16- Lupway, N.Z., Haque, I., Saka, A.R., and Siaw, D.E.K.A. 1998. Lucanea hedgerow inter cropping and cattle manure application in the Ethiopian highlands. II. Maize yield and nutrient uptake. Biology and Fertility of Soils 28: 196- 203
17- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press. London.
18- Mozafar, A. 1989. Boron effect on mineral nutrition of maize. Agronomie 81: 285–290.
19- Ouda, B.A., and Mahadeen, A.Y. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). International Journal of Agriculture and Biology 10: 627–32.
20- 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, Publisher. Madison, Wisconsin. USA.
21- Patel, M.S., and Golakia, B.A. 1986. Effect of calcium carbonate and iron application on yield and nutrient uptake by groundnut. Indian Journal of Society of Soil Science 34: 815-820.
22- Rajaie, M., Ejraie, A.K., Owliaie, H.R., and Tavakoli, A.R. 2009. Effect of zinc and boron interaction on growth and mineral composition of lemon seedlings in a calcareous soil. International Journal of Plant Production 3: 39-50.
23- Rayan, J.R., Estefan, G., and Rashid, A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. 2nd edition. ICARDA. Syria.
24- 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.
25- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil. USDA. Agriculture Handbook. No: 60. Washington.
26- Savaghebi Firoozabadi, G., Malakouti, M.J., and Ardalan, M.M. 2003. Effects of zinc sulfate application as well as seed zinc concentration on responses of wheat plant in a calcareous soil. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34: 471- 482. (In Persian with English Summary)
27- Shayan, M., and Charm, M. 2007. Effect of zinc sulfate enriched with organic fertilizers on Zn available species in calcareous soil. : From http://www.civilica.com/Paper-SSCI10-SSCI10_308.html
28- Ziaeyan, A.H., and Rajaie, M. 2009 .Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. International Journal of Plant Production 3: 35- 44.