



اثرات باقی مانده کاربرد کمپوست زباله شهری بر غلظت سرب و کادمیوم خاک و گیاه برنج

*فاطره کریمی^۱ و محمدعلی بهمنیار^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

^۲دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۰

چکیده

برای بررسی اثرات باقی مانده کاربرد چند سال متوالی کمپوست زباله شهری بر میزان سرب و کادمیوم (کل و قابل جذب) خاک و گیاه برنج، پژوهشی با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات در ۳ تکرار در سال ۱۳۸۹ اجرا گردید. فاکتور اصلی کاربرد کمپوست در ۳ سطح (۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و فاکتور فرعی، اثرات ۴، ۳ و ۲ سال متوالی کاربرد نداشتن کمپوست به ترتیب بعد از کاربرد در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶، ۸۷-۱۳۸۵ بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین غلظت سرب قابل جذب (۲/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم قابل جذب خاک (۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به تیمار ۴۰ تن کمپوست در هکتار اختصاص داشت. همچنین، با افزایش سطوح کاربرد کمپوست و سال‌های مصرف ۱ به ۳ سال متوالی، غلظت سرب و کادمیوم (کل) خاک نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۰/۸۵ و ۲۴/۵۸ درصد افزایش یافت. در حالی که اثرات متقابل بین سطوح کاربرد کمپوست و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست تأثیر معنی‌داری بر میزان سرب قابل جذب خاک، اندام هوایی و دانه نداشته است. در ضمن، با کاربرد ۳ سال متوالی ۴۰ تن کمپوست در هکتار که ۲ سال از آخرین کوددهی آن در خاک می‌گذرد، بیش‌ترین غلظت کادمیوم ریشه، اندام هوایی و دانه نیز به ترتیب با حدود ۳/۶۱، ۲/۹۶ و ۳ برابر افزایش نسبت به تیمار شاهد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اثرات باقی مانده، برنج، سرب، کادمیوم، کمپوست

*مسئول مکاتبه: fatereh_84@rocketmail.com

مقدمه

با توجه به کمبود مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاربرد ترکیبات آلی در این مناطق باعث بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی در خاک می‌گردد و همچنین گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، انباشته شدن حجم عظیمی از زباله‌های شهری را در پی داشته است. بنابراین در سال‌های اخیر به‌منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، به بازیافت زباله و به‌کارگیری کمپوست به‌دست آمده در اراضی کشاورزی توجه زیادی شده است (خوشگفتارمنش و کلباسی، ۲۰۰۰).

از اشکالاتی که کمپوست می‌تواند به مرور زمان ایجاد کند، تجمع عناصر سنگین در خاک است (آی و گبو و همکاران، ۲۰۰۷؛ آچیا و همکاران، ۲۰۰۹). وجود بیش از حد عناصر سنگین در کمپوست اثرات زیست‌محیطی منفی، به‌خصوص در اراضی کشاورزی ایجاد می‌کند (نیکولسون و همکاران، ۲۰۰۳؛ نوری و همکاران، ۲۰۰۶؛ آیاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ ماهوی، ۲۰۰۸).

هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌شوند، گیاه همراه با عناصر غذایی مورد نیاز، این عناصر سمی را نیز جذب و وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌کند (چاکویوجی و همکاران، ۲۰۰۵؛ جوردائو و همکاران، ۲۰۰۶؛ گریجر و همکاران، ۲۰۰۷). گارسیا و همکاران (۱۹۹۱) در پژوهش‌های خود دریافتند که مقدار فلزات سنگین با پیشرفت فرایند کمپوست شدن افزایش می‌یابد و این مسأله می‌تواند مانعی در مسیر استفاده مکرر از کمپوست در اراضی کشاورزی باشد.

مطالعات زیادی در زمینه تأثیر کودهای آلی بر توزیع عناصر سنگین در گیاهان زراعی انجام گرفته و مشخص شده که افزودن کودهای آلی به خاک موجب افزایش جذب و توزیع کادمیوم و برخی عناصر سنگین در خاک و جذب و توزیع آن‌ها در گیاه می‌شود (باهاتا چریا و همکاران، ۲۰۰۵؛ افیونی و همکاران، ۲۰۰۷؛ یاسن، ۲۰۰۷).

افزایش غلظت فلزات و تغییرات در وضعیت توزیع آن‌ها در خاک اصلاح شده با کمپوست در طولانی‌مدت باعث افزایش غلظت این فلزات در بافت‌های گیاهان کشت شده در این خاک‌ها می‌شود (زلجاکوف و وارمن، ۲۰۰۴؛ وی و لیو، ۲۰۰۵). از سوی دیگر نوع و گونه‌های مختلف گیاهی در توانایی جذب، تجمع و تحمل فلزات سنگین تفاوت زیادی با یکدیگر دارند (آلوی، ۱۹۹۰؛ رز، ۱۹۹۴). در آزمایشی که از ۳ نوع کمپوست متفاوت شامل (کمپوست پسماند شهری، کمپوست لجن فاضلاب و مخلوط کمپوست پسماند شهری و لجن فاضلاب) استفاده شد، فراهمی مس، سرب و

کادمیوم در خاک‌هایی که مقادیر زیادی از کمپوست دریافت کرده بودند افزایش یافت (بالدوین و شلتون، ۱۹۹۹). پرز و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که کاربرد کمپوست زباله شهری (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ تن در هکتار) باعث افزایش غلظت مس، سرب، کروم قابل جذب خاک گردید.

پیکتل و اندرسون (۱۹۹۷) نشان دادند که جذب فلزات نیکل، مس و روی در غلظت‌های بالقوه سمی در بافت‌های گیاهی جو دو سر کشت داده شده در شرایط گلدانی تحت تیمار کمپوست زباله شهری و کمپوست لجن فاضلاب افزایش می‌یابد. کاربرد کمپوست لجن و لجن مایع فاضلاب به مدت ۶ سال در خاک باعث افزایش ۱۰۰ درصدی فلزات روی، مس، سرب، کروم، نیکل و کادمیوم در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک که با افزایش کاربرد کمپوست لجن، جذب فلزات نام‌برده توسط گیاهان هم افزایش پیدا نمود (چانگ و همکاران، ۱۹۸۴).

پینامونتی و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که با کاربرد کمپوست در یک خاک شنی و خشتی ثابت شده است که میزان نیکل، کادمیوم، کروم افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد. به این منظور، این پژوهش با هدف بررسی اثرات باقی‌مانده مقادیر سرب و کادمیوم کل و قابل جذب خاک و تجمع آن‌ها در اندام‌های مختلف گیاه برنج، پس از ۴، ۳ و ۲ سال کاربرد نداشتن کمپوست زباله شهری به ترتیب بعد از ۱، ۲ و ۳ سال کاربرد آن، به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، به صورت اسپلینت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا گردید. تیمارها شامل: فاکتور اصلی، کاربرد کمپوست زباله شهری اصفهان در ۳ سطح (۰، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار) و فاکتور فرعی نیز، اثرات باقی‌مانده سال‌های مصرف کود در ۳ سطح (۲ سال مصرف نکردن کود بعد از ۳ سال کاربرد متوالی کمپوست طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۵، ۳ سال مصرف نکردن کود بعد از ۲ سال کاربرد متوالی کمپوست طی سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ و ۴ سال مصرف نکردن کود بعد از ۱ سال کاربرد کمپوست در سال ۱۳۸۵) بود. به این منظور، در سال ۱۳۸۵، در ۹ کرت 3×12 متری تیمارهای کمپوست مصرف شدند. سپس در سال ۱۳۸۶ در سطح دو سوم کرت‌های اولیه (3×8) و در سال ۱۳۸۷ در سطح یک‌سوم کرت‌های اولیه (3×4) تیمارهای کودی اعمال گردیدند. به منظور بررسی اثرات

باقی مانده کاربرد ۱، ۲ و ۳ سال متوالی کمپوست، در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ هیچ کودی مصرف نشد و در تمام این سال‌ها مزرعه تحت کشت برنج قرار گرفت. در سال ۱۳۸۹ بعد از برداشت برنج، نمونه برداری از خاک انجام شد و میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک به روش DTPA (لیندسی و نورول، ۱۹۷۸) و مقادیر سرب و کادمیوم کل خاک پس از عصاره‌گیری با اسید کلریدریک و اسید نیتریک با دستگاه جذب اتمیک مدل Varian (Spectra AA-10) اندازه‌گیری شدند (بیکر و آماچر، ۱۹۸۲). برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست مورد استفاده در جدول ۱ آمده است. همچنین پس از برداشت، نمونه برداری از اندام‌های مختلف گیاه (ریشه، اندام هوایی و دانه) انجام شد و میزان سرب و کادمیوم در گیاه تعیین شدند (AOAC، ۱۹۹۰). سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها، با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و برخی خصوصیات شیمیایی کمپوست مورد استفاده در آزمایش.

کمپوست	خاک	خصوصیات
-	رسی سیلنی	بافت
۷/۴۱	۷/۶۳	pH
۳/۲	۱/۸۴	EC (دسی‌زیمنس بر متر)
۲۲/۶۳	۱/۶	OC (درصد)
۳۰۶/۰۵	۲۹/۷۴	سرب کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۲۵/۴۷	۱/۱۶	سرب قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۲/۶۳	۱/۱۸	کادمیوم کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۱۹	۰/۰۵	کادمیوم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

نتایج و بحث

غلظت سرب و کادمیوم کل و قابل جذب خاک: کاربرد مقادیر و سال‌های مختلف مصرف نکردن کمپوست (در سطح ۱ درصد) و اثرات متقابل بین مقادیر و سال‌های مصرف نکردن کمپوست (در سطح ۵ درصد) بر میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر میزان سرب و کادمیوم کل و قابل جذب خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

قابل جذب		کل		df	منابع تغییرات
کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب		
۰/۰۰۰	۰/۱۵۴	۰/۰۷۳	۰/۱۳۶	۲	تکرار
۰/۰۰۶**	۵/۰۴۱**	۳/۷۹۳**	۲۶۹/۵۱۸**	۲	فاکتور A (مقادیر مصرف)
۰/۰۰۰۹	۰/۰۷۵	۰/۰۲۶	۱/۳۶۳	۴	خطای a
۰/۰۰۱*	۰/۳۱۴*	۰/۲۹۰**	۷/۴۸۰**	۲	فاکتور B (سال‌های مصرف نکردن)
۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۱۲۸ ^{ns}	۰/۱۰۴*	۲/۴۳۲*	۴	اثر متقابل A×B
۰/۰۰۰	۰/۰۷۰	۰/۰۲۶	۰/۷۴۸	۱۲	خطای b
۱۳/۶۶	۱۳/۲۰	۹/۲۴	۲/۴۱		ضریب تغییرات (درصد)

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

با افزایش سطوح کاربرد کمپوست از صفر به ۴۰ تن در هکتار و سال‌های مصرف ۱ به ۳ سال متوالی، غلظت سرب و کادمیوم کل خاک افزایش یافته و بالاترین میزان سرب و کادمیوم کل خاک در اثر کاربرد ۳ سال متوالی ۴۰ تن کمپوست در هکتار که از آخرین کوددهی آن ۲ سال می‌گذرد، به ترتیب به میزان ۴۱/۸۹ و ۲/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۰/۸۵ درصد و ۱۲۴/۵۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳).

مورتودت (۱۹۹۶) و افیونی و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعات خود نشان دادند که با افزایش سال‌های کاربرد کودهای آلی میزان تجمع بیش‌تر فلزات سنگین در خاک افزایش می‌یابد.

در این پژوهش غلظت کل سرب و کادمیوم از حد بحرانی گزارش شده برای این عناصر در خاک بسیار کم‌تر است. چینی (۱۹۸۹) غلظت کل بحرانی برای سرب و کادمیوم در خاک را به ترتیب ۲۰۰ و ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است.

جدول ۳- اثرات متقابل مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر میزان سرب و کادمیوم کل خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

کادمیوم			سرب			کمپوست (تن در هکتار)
۲	۳	۴	۲	۳	۴	
۱/۲۲ ^e	۱/۱۹ ^e	۱/۱۸ ^e	۲۹/۶۵ ^d	۳۰/۲۴ ^d	۲۹/۷۴ ^d	۰
۲/۱۲ ^c	۱/۵۹ ^d	۱/۴۱ ^d	۳۹/۲۶ ^b	۳۷/۴۱ ^c	۳۷/۴۱ ^c	۲۰
۲/۶۵ ^a	۲/۴۷ ^{ab}	۲/۳۰ ^{bc}	۴۱/۸۹ ^a	۳۹/۸۸ ^b	۳۸/۴۶ ^{bc}	۴۰

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون و ردیف برای هر فاکتور مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* ۴ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال ۱۳۸۵)، ۳ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶)، ۲ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال‌های ۸۷-۱۳۸۵).

مقادیر مختلف کمپوست (در سطح ۱ درصد) و سال‌های مصرف نکردن کمپوست (در سطح ۵ درصد) تأثیر معنی‌داری بر میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک داشته است. ولی اثرات متقابل بین مقادیر و سال‌های بعد از مصرف کمپوست بر میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک معنی‌دار نبوده است (جدول ۲).

با کاربرد مقادیر مختلف کمپوست در خاک، میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، به‌طوری‌که بالاترین میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک به‌میزان ۲/۵۸ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم با کاربرد ۴۰ تن کمپوست در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۲۲/۴۱ و ۱۰۰ درصد افزایش نشان داد و کم‌ترین میزان سرب و کادمیوم قابل جذب نیز در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). یثربی و همکاران (۱۹۹۴) و باستا و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که کمپوست، عامل افزایش تبادل کاتیونی و آزادکننده تدریجی عناصر غذایی می‌باشد. تغییر در مقدار فلزات سنگین خاک بعد از کاربرد کمپوست بستگی به‌میزان کاربرد و خصوصیات خاک دارد (کورتنی و مولن، ۲۰۰۸).

جدول ۴- اثر ساده مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

کادمیوم	سرب	تیمارهای کودی
		مقادیر کاربرد (تن در هکتار)
۰/۰۵ ^c	۱/۱۶ ^c	۰
۰/۰۸ ^b	۲/۲۷ ^b	۲۰
۰/۱۰ ^a	۲/۵۸ ^a	۴۰
سال‌های کاربرد نداشتن		
۰/۰۶۸ ^b	۱/۸۵ ^b	۴ سال کاربرد نداشتن طی ۱۳۸۶-۸۹ (کاربرد در سال ۱۳۸۵)
۰/۰۷۴ ^b	۱/۹۵ ^{ab}	۳ سال کاربرد نداشتن طی ۱۳۸۷-۸۹ (کاربرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶)
۰/۰۸۷ ^a	۲/۲۱ ^a	۲ سال کاربرد نداشتن طی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (کاربرد در سال‌های ۸۷-۱۳۸۵)

* حرف مشترک نشان‌دهنده این است که میان تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

در ضمن با افزایش تعداد سال‌های کاربرد کمپوست از ۱ به ۳ سال متوالی، مقدار سرب و کادمیوم قابل جذب خاک افزایش یافت. به طوری که بالاترین میزان سرب (۲/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کادمیوم (۰/۰۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قابل جذب خاک از کاربرد ۳ سال متوالی کمپوست که بعد از آن ۲ سال مصرف نکردن را داشتیم، به دست آمد. همچنین بین ۴ و ۳ سال مصرف نکردن کمپوست بعد از ۱ و ۲ سال کوددهی بر میزان سرب و کادمیوم قابل جذب خاک از نظر آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

وبر و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد کمپوست در یک خاک لومی شنی در طی ۲ سال متوالی باعث افزایش غلظت روی، مس و سرب گردید. در ضمن برخی از پژوهشگران در بررسی‌های خود نشان دادند که با استفاده مکرر از کمپوست میزان فلزات سنگین در خاک‌های اصلاح شده به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت (کرسچو و همکاران، ۲۰۰۴؛ مادرید و همکاران، ۲۰۰۶؛ بنزرتی و همکاران، ۲۰۰۷؛ ان و اچوکو و همکاران، ۲۰۱۰؛ آیاری و همکاران، ۲۰۱۰؛ زامان، ۲۰۱۰).

غلظت سرب و کادمیوم در اندام‌های مختلف برنج: کاربرد مقادیر مختلف کمپوست تأثیر معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) بر غلظت سرب ریشه، اندام هوایی و دانه برنج داشته است. همچنین میزان سرب تجمع‌یافته در ریشه و دانه تحت تأثیر سال‌های مصرف کمپوست قرار گرفت. اثرات متقابل بین مقادیر و سال‌های مصرف نکردن کمپوست نیز فقط بر غلظت سرب ریشه تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر غلظت سرب و کادمیوم در اندام‌های مختلف برنج (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

منابع تغییرات	df	سرب			کادمیوم		
		ریشه	اندام هوایی	دانه	ریشه	اندام هوایی	دانه
تکرار	۲	۰/۱۱۳	۰/۱۰۲	۰/۳۰۵	۰/۲۰۹	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶
فاکتور A (مقادیر مصرف)	۲	۹۴/۵۶۲**	۲۰۶/۳۲۹**	۲۲۶/۵۵۲**	۸/۰۶۶**	۴/۷۵۱**	۵/۳۲۹**
خطای a	۴	۰/۱۰۹	۰/۲۳۷	۰/۵۱۵	۰/۰۷۷	۰/۰۳۳	۰/۰۲۴
فاکتور B (سال‌های مصرف نکردن)	۲	۰/۸۷۳**	۱/۷۰۶ ^{NS}	۱/۷۹۸*	۰/۴۰۷**	۰/۲۳۰**	۰/۱۷۳**
اثر متقابل A×B	۴	۰/۴۲۰*	۰/۵۲۴ ^{NS}	۰/۶۰۵ ^{NS}	۰/۲۷۵ ^{NS}	۰/۰۸۲*	۰/۰۶۸ ^{NS}
خطای b	۱۲	۰/۰۸۲	۰/۸۱۲	۰/۳۷۰	۰/۰۵۵	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۴۴	۱۰/۱۷	۷/۲۴	۱۵/۰۸	۱۰/۲۶	۹/۳۲

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{NS} غیرمعنی‌دار.

با افزایش مقادیر و سال‌های کاربرد کمپوست، غلظت سرب ریشه افزایش یافت، به طوری که بالاترین میزان (۲۲/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اثر کاربرد ۳ سال متوالی ۴۰ تن کمپوست در هکتار که از آخرین کوددهی آن در خاک ۲ سال می‌گذرد، به دست آمد که ۳۹/۶۶ درصد نسبت به تیمار شاهد که در پایین‌ترین سطح قرار داشت افزایش نشان داد. که البته این تیمار با تیمارهای کودی که ۳ و ۴ سال از آخرین کوددهی آن‌ها در خاک می‌گذرد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶).

چنگ و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که بیش‌ترین تجمع فلز در گیاه در ۲ سال اول پس از کاربرد کود آلی اتفاق می‌افتد، سپس این غلظت کم‌تر شده و به صورت ثابت با زمان ادامه پیدا می‌کند. موریلو و کابردر (۱۹۹۷) نیز نشان دادند که کاربرد کمپوست زباله شهری میزان نیکل و کروم را در گیاه شبدر افزایش داد. اما در همه این حالت‌ها مقدار عناصر نیکل، سرب، کروم و کادمیوم کم‌تر از حد سمیت برای گیاه بود (هارگریوز و همکاران، ۲۰۰۷). دامنه غلظت سمی برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۳۰-۳۰۰ و ۵-۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (چینی، ۱۹۸۹؛ کابتا-پندیاس، ۲۰۰۱)، به طوری که در این پژوهش غلظت سرب و کادمیوم در گیاه از حد سمی آن‌ها بسیار پایین‌تر بوده است.

فاطره کریمی و محمدعلی بهمنیار

جدول ۶- اثرات متقابل مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر غلظت سرب ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

سال‌های کاربرد نداشتن	کمپوست		
	۲	۳	۴
	۱۶/۴۲ ^d	۱۶/۴۵ ^d	۱۶/۳۴ ^d
	۲۱/۴۰ ^b	۲۰/۷۳ ^c	۱۹/۹۶ ^c
	۲۲/۸۲ ^a	۲۲/۸۰ ^a	۲۲/۴۲ ^a

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون و ردیف برای هر فاکتور مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* ۴ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال ۱۳۸۵)، ۳ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶)، ۲ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال‌های ۸۷-۱۳۸۵).

بالاترین غلظت سرب (۱۲/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اندام هوایی برنج با کاربرد ۴۰ تن کمپوست در هکتار به‌دست آمد که منجر به افزایش ۲۶۳/۳۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۲۰ تن کمپوست در هکتار نشان داد (جدول ۷). خوشگفتارمنش و کلباسی (۲۰۰۲) طی آزمایشی دریافتند که با کاربرد شیرابه کمپوست، میزان عناصر آهن، روی، منگنز، مس، سرب و نیکل در دانه و کله‌س برنج افزایش یافت اما تأثیر معنی‌داری بر غلظت کادمیوم و کروم گیاه نداشت. مفتون و همکاران (۲۰۰۴) نیز دریافتند که برگ‌های اسفناج با کاربرد کمپوست در خاک، افزایش جذب سرب را نسبت به تیمارهای کود نخورده نشان می‌دهند.

جدول ۷- اثر ساده مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر غلظت سرب در اندام هوایی و دانه برنج (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

دانه	اندام هوایی	تیمارهای کودی	
		مقادیر کاربرد (تن در هکتار)	
۲/۶۹ ^c	۳/۴۸ ^c	۰	
۱۰/۴۱ ^b	۱۰/۴۶ ^b	۲۰	
۱۲/۱۰ ^a	۱۲/۶۴ ^a	۴۰	
سال‌های کاربرد نداشتن			
۸/۰۵ ^b	۸/۳۷ ^a	۴ سال کاربرد نداشتن طی ۸۹-۱۳۸۶ (کاربرد در سال ۱۳۸۵)	
۸/۲۵ ^b	۹/۰۳ ^a	۳ سال کاربرد نداشتن طی ۸۹-۱۳۸۷ (کاربرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶)	
۸/۹۱ ^a	۹/۱۹ ^a	۲ سال کاربرد نداشتن طی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (کاربرد در سال‌های ۸۷-۱۳۸۵)	

* حرف مشترک نشان‌دهنده این است که میان تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

در ضمن، با افزایش تعداد سال‌های کاربرد کمپوست از ۱ به ۳ سال متوالی، غلظت سرب در اندام هوایی برنج افزایش یافت ولی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با اثرات باقی‌مانده سایر سال‌های مصرف کود نشان نداد (جدول ۷).

غلظت سرب در دانه برنج نیز تحت‌تأثیر کاربرد کمپوست در خاک قرار گرفت و با افزایش مقادیر کمپوست، غلظت سرب دانه افزایش یافت و بالاترین میزان (۱۲/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار ۴۰ تن کمپوست در هکتار به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با کاربرد ۲۰ تن کمپوست در هکتار نشان نداد. همچنین ۲ سال مصرف نکردن کمپوست بعد از کاربرد ۳ سال متوالی آن، تأثیر بیش‌تری بر تجمع سرب در دانه برنج داشته است و از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با اثرات باقی‌مانده سایر سال‌های مصرف کود نشان داده است (جدول ۷).

تجمع فلزات سنگین در بافت‌های گیاهی در نتیجه کاربرد طولانی‌مدت کودهای آلی در پژوهش‌های متعددی اثبات شده است (مورتودت، ۱۹۹۶؛ زلجازکوف و وارمن، ۲۰۰۴؛ وی و لیو، ۲۰۰۵). گیگلویتیگ و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که غلظت فلزات سنگین در دانه گیاهان کشت داده شده در خاک تیمار شده با کمپوست زیباله شهری طی ۶ سال، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

سطوح مختلف کمپوست و مدت زمان سپری شده از آخرین کوددهی (در سطح ۱ درصد) و اثرات متقابل بین مقادیر و سال‌های مصرف کمپوست (در سطح ۵ درصد) بر غلظت کادمیوم ریشه، اندام هوایی و دانه برنج تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۵).

جدول ۸- اثرات متقابل مقادیر و سال‌های کاربرد نداشتن کمپوست بر غلظت کادمیوم ریشه، اندام هوایی و دانه برنج (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

کمپوست (تن در هکتار)	ریشه			اندام هوایی			دانه		
	۲	۳	۴	۲	۳	۴	۲	۳	۴
۰	۰/۵۷ ^c	۰/۶۰ ^c	۰/۵۵ ^c	۰/۵۹ ^e	۰/۵۵ ^e	۰/۵۴ ^e	۰/۶۴ ^c	۰/۶۱ ^c	۰/۵۹ ^c
۲۰	۲/۱۸ ^b	۱/۸۲ ^b	۱/۰۹ ^b	۱/۶۳ ^c	۱/۰۹ ^d	۱/۰۹ ^d	۱/۷۶ ^b	۱/۶۷ ^b	۱/۵۳ ^b
۴۰	۲/۵۴ ^a	۲/۳۶ ^a	۲/۳۶ ^b	۲/۱۸ ^a	۲/۰۰ ^{ab}	۱/۸۲ ^{bc}	۲/۳۴ ^a	۲/۱۵ ^a	۱/۷۵ ^b

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون و ردیف برای هر فاکتور مطابق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* ۴ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال ۱۳۸۵)، ۳ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶)، ۲ سال مصرف نکردن (کاربرد در سال‌های ۸۷-۱۳۸۵).

با افزایش مقادیر و سال‌های بعد از کاربرد کمپوست، غلظت کادمیوم ریشه، اندام هوایی و دانه افزایش یافت، به طوری که بالاترین غلظت کادمیوم ریشه، اندام هوایی و دانه در اثر کاربرد ۳ سال متوالی ۴۰ تن کمپوست در هکتار که از آخرین کوددهی آن در خاک ۲ سال می‌گذرد به ترتیب به میزان ۲/۵۴، ۲/۱۸ و ۲/۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که منجر به افزایش ۳/۶۱، ۲/۹۶ و ۳ برابری نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول ۸). میزان تجمع فلزات سنگین در ریشه بیش‌تر از اندام هوایی و دانه است و به دلیل پویایی پایین کادمیوم مقدار آن در ریشه بیش‌تر از اندام هوایی و دانه بوده است (کاباتاپندیاس و پندیاس، ۲۰۰۰؛ میرلز، ۲۰۰۴؛ افیونی و همکاران، ۲۰۰۷). کاوالارو و مبراید (۱۹۷۸) دلیل تجمع بیش‌تر فلزات سنگین در ریشه نسبت به اندام هوایی و دانه را به پویایی پایین این فلزات نسبت می‌دهند.

نتیجه‌گیری

کاربرد کمپوست زباله شهری باعث افزایش معنی‌دار میزان سرب و کادمیوم (کل و قابل‌جذب) خاک گردید، به طوری که بیش‌ترین میزان سرب و کادمیوم قابل‌جذب خاک به ترتیب با ۱۲۲/۴۱ و ۱۰۰ درصد افزایش نسبت به شاهد در تیمار ۴۰ تن کمپوست در هکتار اتفاق افتاد. همچنین ۲ سال مصرف نکردن کمپوست بعد از کاربرد ۳ سال متوالی آن، اثر بیش‌تری نسبت به ۳ و ۴ سال مصرف نکردن به ترتیب بعد از ۲ و ۱ سال کاربرد بر میزان سرب و کادمیوم (کل و قابل‌جذب) خاک داشته است. بنابراین مصرف ۳ سال متوالی ۴۰ تن کمپوست در هکتار موجب افزایش میزان سرب و کادمیوم (کل و قابل‌جذب) خاک و در نهایت منجر به افزایش غلظت این فلزات در ریشه، اندام هوایی و دانه برنج گردید ولی در همه حالت‌های غلظت این فلزات کم‌تر از حد سمیت آن‌ها برای گیاه بوده است.

منابع

1. Achiba, W.B., Gabteni, N., Lakhar, A., and Du Laing, G. 2009. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. *Agr. Ecosyst. Environ. J.* 130: 158-183.
2. Afyuni, M., Karami, M., and Schulin, R. 2007. Effects of sewage sludge application on heavy metals status in soil and wheat. In: *Biogeochemistry of trace elements: Environmental Protection Remediation and Human health*. China, 576p.
3. Alloway, B.J. 1990. *Heavy metals in soils*. John Wiley and Sons Inc., New York. 339p.

4. Association of Official Analytical Chemists. 1990. The association of official analytical chemists, 15th. Arlington, V.A.
5. Ayari, F., Chairi, R., and Kossai, R. 2008. Sequential extraction of heavy metals during composting of urban waste. *Chin. J. Geochem.* 27: 121-125.
6. Ayari, F., Hamdi, H., Jedidi, N., Gharbi, N., and Kossa, R. 2010. Heavy metal distribution in soil and plant in municipal solid waste compost amended plots. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 7: 3. 465-472.
7. Bahattacharyya, P., Chakra Borty, A., Chakrab, K., and Powell, M.A. 2005. Chromium uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. *Chemosphere*, 60: 1481-1486.
8. Baker, D., and Amacher, M.C. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. P 323-336, In: Page, A.L., R.h. Miller and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
9. Baldwin, K.R., and Shelton, J.E. 1999. Availability of heavy metal in compost-amended soil. *Biores. Technol.* 69: 1-14.
10. Basta, N.T., Gradwohl, R., Snethen, K.L., and Schroder, J.L. 2007. Chemical immobilization of lead, zinc and cadmium in smelter-contaminated soils using biosolids and rock phosphate. *J. Environ. Qual.* 30: 1222-1230.
11. Benzarti, S., Hamdi, H., Aoyama, A., Jedidi, N., Hassen, A., and Dahmane, A. 2007. Assessment of the effect of repetitive municipal solid waste compost application on soil using physico-chemical analyses, solid-phase bioassays and microbial activity characterization. *Japan J. Environ. Toxicol.* 10: 1. 19-30.
12. Cavallaro, N., and Mebride, M.B. 1978. Copper and cadmium adsorption characteristics of selected acid and calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 550-555.
13. Chaney, R.L. 1989. Toxic element accumulation in soils and crops. P 140-158, In: Bar, I.M., B. Yosef, N.J. Barrow and J. Goldshmid (eds), *protectina soil fertility and agricultural food chains, Inorganic contaminants in the Vadose zone*, Berlinspringer-Verlag.
14. Chang, A.C., Page, A.L., and Warneke, J.E. 1987. Long-term sludge application on cadmium and zinc accumulation in swiss chard and radish. *J. Environ. Qual.* 16: 217-221.
15. Chang, A.C., Warneke, J.E., and Graurevice, E. 1984. Sequential extraction of soil heavy metals following a sludge application. *J. Environ. Qual.* 13: 33-37.
16. Chukwuji, M.A.I., Nwajei, G.E., and Osakwe, S.A. 2005. Recycling waste in agriculture: Efficacy of composting in ameliorating trace metal availability and soil borne pathogens. *Eur. J. Sci. Res.* 11: 4. 571-577.
17. Cortney, R.G., and Mullen, G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Biores. Technol.* 99: 2913-2918.

18. Creccchio, C., Curci, M., Pizzigallo, M.D.R., Ricciuti, P., and Ruggiero, P. 2004. Effect of municipal solid waste compost amendments on soil enzymes activities and bacterial genetic diversity. *Soil Bio. Biochem.* 36: 10. 1595-1605.
19. Garcia, C., Hernandez, T., and Casta, F. 1991. Agronomic value of urban waste and the growth of ryegrass (*Lolium perenne*) in a calciorthid soil amended with this waste. *J. Sci. Food. Agric.* 56: 457-467.
20. Gigloting, G., Businlli, D., and Giusquioni, P.L. 1996. Trace metals uptake and distribution in corn plants grown on a 6-year urban waste compost waste compost amended. *Agr. Ecosyst. Environ. J.* 58: 199-206.
21. Greger, M., Malm, T., and Kautsky, L. 2007. Heavy metal transfer from composted macroalgae to crops. *Eur. J. Agron.* 26: 257-265.
22. Hargreaves, J.C., Adl, M.S., and Warman, P.R. 2008. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agr. Ecosyst. Environ. J.* 123: 1-14.
23. Iwegbue, C.M.A., Emuh, F.N., Isirimah, N.O., and Egun, A.C. 2007. Fraction, characterization and speciation of heavy metals in composts and compost-amended soils. *Afr. J. Biotechnol.* 6: 2. 67-78.
24. Jordao, C.P., Nascentes, C.C., Cecon, P.R., Fontes, R.L., and Pereira, S.L. 2006. Heavy metals availability in soil amended with composted urban soil wastes. *Environ. Monit. Assess.* 112: 309-326.
25. Kabta-Pendias, A., and Pendias, H. 1992. Trace elements in soils and plants. second Edition. CRC. Press. London, 364p.
26. Kabta-Pendias, A. 2001. Trace elements in soils and plants. Third Edition. CRC. Press. London, 413p.
27. Khoshgoftarmanesh, A.H., and Kalbasi, M. 2000. Effect of municipal waste leachate on soil properties and growth and yield of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33: 2011-2020.
28. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421-428.
29. Madrid, F., Lopez, R., and Cabrera, F. 2006. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. *Agr. Ecosyst. Environ.* 199: 3-4. 249-256.
30. Madrid, F., Lopez, R., and Cabrera, F. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. *Agr. Ecosyst. Environ. J.* 119: 249-256.
31. Mahvi, A.H. 2008. Application of agricultural fibers in pollution removal from aqueous solution. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 5: 2. 275-285.
32. Mireles, A. 2004. Heavy metal accumulation in plants and soil irrigated with wastewater from Mexico City. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 219-220: 187-190.
33. Murillo, J., and Carbera, F. 1997. Response of clover *Trifolium fragiferum* cv salina to a heavy urban compost application. *Compost Science and Utilization*, 5: 4. 15-26.

34. Murtvedt, J.J. 1996. Heavy metal contaminates in inorganic and organic fertilizer. *J. Fert. Res.* 43: 55-61.
35. Nicholson, F.A., Smith, S.R., Alloway, B.J., Carlton-Smith, C., and Chambers, B.J. 2003. An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Sci. Total Environ.* 311: 1-3. 205-219.
36. Nouri, J., Mahvi, A.H., Babaei, A., and Ahmadpour, E. 2006. Regional pattern distribution of groundwater fluoride in the Shush aquifer of Khuzestan County Iran. *Fluoride*, 39: 4. 321-325.
37. Perez, D.V., Alcantra, S., Ribeiro, C.C., Pereira, R.E., Fontes, G.C., Wasserman, M.A., Venezuela, T.C., Meneguelli, N.A., and Parradas, C.A.A. 2007. Composted municipal waste effects on chemical properties of Brazilian soil. *Biores. Technol.* 98: 525-533.
38. Pichtel, J., and Anderson, M. 1997. Trace metal bioavailability in municipal solid waste and sewage sludge composts. *Biores. Technol.* 60: 223-229.
39. Nwachukwu, M.A., Feng, H., and Alinnor, J. 2010. Assessment of heavy metal pollution in soil and their implications within and around mechanic villages. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 7: 2. 347-358.
40. Pinamonti, F., Nicolini, G., Dalpia, Z., Stringari, G., and Zorzi, G. 1999. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. *Nutrient Cycling in Ecosystems*, 51: 3. 239-248.
41. Ross, S.M. 1994. Toxic metals in soil and plants system. John Wiley Sons Inc., England, 469p.
42. Weber, J., Karczewska, A., Drozd, J., Licznar, M., Licznar, S., Jamroz, E., and Kocowicz, A. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1299-1302.
43. Wei, Y., and Liu, Y. 2005. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. *J. Chemosphere.* 59: 1257-1265.
44. Yasrebi, J., Karimian, N., Maftoun, M., Abtahi, A., and Sameni, A.M. 1994. Distribution of zinc forms in highly calcareous soils as influenced by soil physical and chemical properties and application of zinc sulfate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 25: 2133-2145.
45. Yassen, A.A. 2007. Possibilities of reducing heavy metals toxicity by using organic residues. In: 9th World Congress Soil Science, China, 251p.
46. Zaman, A.U. 2010. Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 7: 2. 225-234.
47. Zheljzkov, V.D., and Warman, P.R. 2004. Phytoavailability and fraction of copper, manganese, and zinc in soil following application of two compost to four crops. *Environmental Pollution*, 95: 131-187.



The residual effects of applying compost on the amount of lead and cadmium (total and available) in soil and rice plant

***F. Karimi¹ and M.A. Bahmanyar²**

¹M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 11/16/2011; Accepted: 10/01/2012

Abstract

In order to investigate the residual effects of continuous many-years application of compost on the amount of lead and cadmium (total and available) in soil and rice plant, an experiment was conducted in split plot based on randomized complete block design with three replications in 2010. Main plot, was application three levels of compost (0, 20 and 40 ton/ha) and also sub plot was effects of 4, 3 and 2 continuous years of without using compost after their use in 2006, 2006 and 2007, 2006-2008 years, respectively. Results showed that, the maximum concentration of available lead (2.58 mg kg^{-1}) and cadmium (0.1 mg kg^{-1}) in soil belonged to 40 ton ha^{-1} compost treatment. Also, with increasing the levels of applying compost and years of applying of 1 to 3 continuous years, concentration of lead and cadmium (total) in soil increased 85.40 and 58.24 percent compared to control treatment, respectively. Meanwhile, the interaction effect between levels of applying compost and years without applying compost had no significant effect on the amount of lead (available) in soil, shoots and seeds. Also, with continuous 3-year application of 40 ton ha^{-1} compost after 2 years since the last fertilization, the highest concentration of roots, shoots and seeds with about 3.61, 2.96 and 3 times increase were obtained compared to control treatment, respectively.

Keywords: Residual effects, Rice, Lead, Cadmium, Compost

* Corresponding Authors; Email: fatereh_84@rocketmail.com

