مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره دهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۴۰۱ تا ۴۱۰

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

اثر کمپوست زباله شهری غنی شده با خاکستر لاستیک بر کاهش دسترسی کادمیوم در گیاه اسفناج (مطالعه موردی: کمپوست زباله شهری شهرستان اراک)

امیرحسین بقائی*
گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۷
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۷/۰۴
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۰
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۹/۲۱

واژگان کلیدی: کادمیوم، خاکستر لاستیک، کمپوست، اراک، اسفناج

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
a-baghaie@iau-arak.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی زنجیره غذایی از جمله سبزیجات به فلزات سنگین از مسائل مهم زیست محیطی به حساب می‌آید و مدیریت پالایش این فلزات خصوصا کادمیوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر کمپوست زباله شهری اراک غنی شده با خاکستر لاستیک بر کاهش میزان کادمیوم در گیاه اسفناج در یک خاک آلوده به کادمیوم انجام گرفت.

روش بررسی: تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد ۰، ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک غنی‌شده با ۰ و ۲۰۰ kg/ha خاکستر لاستیک و آلودگی کادمیوم در مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ و گیاه مورد نظر اسفناج بوده است.

یافته‌ها: افزایش کاربرد کمپوست زباله شهری اراک از ۰ به ۲۰ و ۴۰ ton/ha در خاک آلوده به ۳۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ به ترتیب باعث کاهش ۱۶ و ۴۵ درصدی در مقدار کادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA (Dietilene Triamine Pentaacetic Acid) شد. مشابه این نتیجه، غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه نیز کاهش یافت. کاربرد خاکستر لاستیک نیز نقش موثری در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کمپوست زباله شهری اراک توانسته است نقش به سزایی در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم داشته باشد که دلیل آن را می‌توان به نقش کاربرد این افزودنی آلی در افزایش ویژگی‌های جذبی خاک و در نتیجه کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک و گیاه نسبت داد، هر چند که نقش نوع گیاه و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در تغییر قابلیت دسترسی کادمیوم نبایستی نادیده گرفته شود.

Please cite this article as: Baghaie AH. Effect of tire rubber ash enriched municipal waste compost on decreasing spinach Cd concentration (a case study: Arak municipal waste compost). Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):401-10

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

مقدمه

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به‌عنوان یک مشکل جهانی در حال گسترش است. زمانی‌که کادمیوم وارد بدن می‌شود، در کلیه و کبد، اندام‌های تولید مثل، سیستم‌های عصبی، تنفسی، گوارش و ماهیچه‌های قلب تجمع یافته و هنگامی که مقدار آن از حد معینی تجاوز کند، به واسطه اثر درازمدت، عوارض ناشی از آن به‌صورت بیماری‌های گوناگون نمایان می‌شود (۱). خوردن سبزی‌های حاوی کادمیوم توسط انسان‌ها و حیوانات سبب بروز برخی بیماری‌ها مانند نفخ ریه، نفخ نایژه، سرطان و فشار خون بالا می‌شود (۲). به دلیل اهمیت قیمت تمام شده روش‌های مورد استفاده برای پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین (۳)، امروزه توجه زیادی بر گسترش استفاده از مواد طبیعی جهت تثبیت شیمیایی فلزات سنگین در خاک شده است. این تکنیک با استفاده از مواد طبیعی با سطح ویژه زیاد و تمایل شدید جذب برای فلزات سنگین انجام می‌گیرد (٤).

از سویی دیگر، با توجه به کمبود مواد آلی در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی کشور، استفاده از افزودنی‌های آلی علاوه بر تامین عناصر غذایی گیاه، در برخی مواقع می‌تواند تا حدودی باعث کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک شود (۵)، هر چند که نتایج بسیاری از پژوهش‌ها حاکی از افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک غیر آلوده به فلزات سنگین در اثر کاربرد کودهای آلی است (٦، ۷)، ولی کاربرد افزودنی‌های آلی با غلظت آلودگی کم در خاک آلوده به فلزات سنگین احتمالا می‌تواند کمک شایانی به کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک آلوده به فلزات سنگین (خصوصا در شهرهای صنعتی کشور) داشته باشد (۸).

با وجود تمامی مطالب ذکر شده، یکی از اصلی‌ترین مشکلات بسیاری از مناطق صنعتی کشور، آلودگی این مناطق به فلزات سنگین از جمله کادمیوم است و مشکل پاکسازی فلزات سنگین در این مناطق به دلیل افزایش روزافزون این ترکیبات امری مشکل به نظر می‌رسد، لذا بایستی به دنبال راه حلی بود تا بتوان با کاهش قابلیت دسترسی این ترکیبات گیاهان غیر آلوده یا با آلودگی کمتر را در این محیط پرورش داد. با توجه به کاهش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف از قبیل روی در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی کشور (۹) و مشکل آلودگی مناطق صنعتی کشور از جمله استان مرکزی (۸)، همچنین کمبود مواد آلی در این مناطق و اثر رقابتی عناصر کم مصرف از قبیل روی با فلزات سنگین (۱۰)، غنی‌سازی کودهای آلی با عناصر غذایی کم مصرف از جمله روی احتمالا می‌تواند ضمن تامین عناصر غذایی گیاه، باعث کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین از جمله کادمیوم در خاک شود. در این راستا با توجه به پایین بودن غلظت فلزات سنگین از جمله کادمیوم و سرب در کمپوست زباله شهری اراک (۸)، کاربرد این ترکیب احتمالا بتواند ضمن مدیریت بازیافت افزودنی‌های آلی به محیط زیست، تا حدودی تامین‌کننده عناصر غذایی و افزایش میزان مواد آلی خاک باشد، ضمن اینکه قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک را نیز می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد. از سویی دیگر، با در نظر گرفتن اثر رقابتی عناصر کم مصرف با فلزات سنگین از جمله کادمیوم، غنی‌سازی این ترکیب آلی احتمالا بتواند کمک شایانی به کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم کند. جهت غنی‌سازی کودهای آلی می‌توان با اتخاذ روشی مناسب از تایرهای فرسوده به عنوان منبع روی سود جست و همچنین از عواقب مضر ناشی از تجمع تایرها در محیط زیست جلوگیری به عمل آورد (۱۱). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است که استفاده از خاکستر و ذرات خرد شده لاستیک‌های فرسوده باعث افزایش قابلیت دسترسی روی می‌شود (۱۱، ۱۲). با وجود مضرات اشاره شده در مورد آلودگی فلزات سنگین از جمله کادمیوم، کاهش قابلیت دسترسی آن در زنجیره غذایی انسان، خصوصا سبزیجات امری ضروری به نظر می‌رسد. امروزه در طب سنتی از سبزیجات به‌عنوان گیاه داروئی کمک گرفته می‌شود که از جمله می‌توان به اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) اشاره کرد. نظر به این‌که قسمت خوراکی این گیاه برگ آن است و با توجه به بیش انباشتگر بودن (hyperaccumulator) این گیاه برای عناصر سنگین از قبیل کادمیوم (۱۳، ١٤)، لازم است که راهکار کاهش دسترسی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

کادمیوم در این گیاه مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به موارد ذکر شده این پژوهش با هدف اثر کمپوست زباله شهری اراک، غنی شده با خاکستر لاستیک بر کاهش دسترسی کادمیوم در گیاه اسفناج مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت یک آزمایش گلدانی با هدف بررسی اثر غنی‌سازی کمپوست زباله شهری اراک با خاکستر لاستیک بر کاهش دسترسی کادمیوم در گیاه اسفناج در یک خاک آلوده به کادمیوم در یک گلخانه پژوهشی در شهرستان اراک انجام پذیرفت. طرح آزمایشی مورد نظر به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه بار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کاربرد کمپوست زباله شهری اراک در سه سطح ۰ (V_0)، ۲۰ (V_{20}) و ton/ha ۴۰ (V_{40}) (۱۵) و کاربرد خاکستر لاستیک به میزان ۰ (T_0) و ۲۰۰ kg/ha (T_1) (۱۲) و آلودگی خاک به فلز سنگین کادمیوم از منبع کلرید کادمیوم در سطوح ۰ (Cd_0)، ۱۰ (Cd_5)، ۲۰ (Cd_{10}) و ۳۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ (Cd_{30}) بود. ویژگی‌های فیزیکی – شیمیایی خاک، کمپوست زباله شهری اراک، همچنین غلظت عناصر سنگین موجود در خاکستر لاستیک مورد استفاده به ترتیب در جدول ۱، ۲ و ۳ ذکر شده است.

کمپوست زباله شهری اراک با خاکستر لاستیک مخلوط شده و به مدت یک ماه در دمای اتاق (21^{o} C) به حالت خود رها شد از سویی دیگر، خاک مورد استفاده با روش اسپری کردن در مقادیر فوق الذکر به فلز کادمیوم آلوده و جهت رسیدن به تعادل نسبی، به مدت یک ماه به حالت خود رها شد. سپس مخلوط کمپوست زباله شهری و خاکستر لاستیک به خاک آلوده به کادمیوم اضافه شده، خاک تیمار شده به مدت یک ماه به حال خود رها و در این مدت جهت رسیدن به تعادل نسبی، مرتبا نمونه‌های خاک تا رسیدن به حد ظرفیت زراعی مزرعه مرتبا تر و خشک شدند (۱۳).

هفتاد روز بعد از کاشت بذر اسفناج، برداشت بوته‌ها انجام گردید. همچنین در این زمان از خاک منطقه ریزوسفر هر گیاه نمونه‌برداری صورت گرفته و نمونه‌ها جهت آنالیز خاک و گیاه به آزمایشگاه منتقل شد و غلظت فلزات سنگین بعد از عصاره‌گیری نمونه‌ها با اسید کلریدریک ۲ N اندازه‌گیری شد (۱۶). همچنین میزان کادمیوم کل موجود در نمونه خاک (۱۷) و عناصر سنگین موجود در کمپوست زباله شهری اراک (۱۸)

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش

پارامتر	pH	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (%)	بافت خاک	کادمیوم کل (mg/kg)	روی کل (mg/kg)	گنجایش تبادل کاتیونی ($cmol\ (+)kg^{-1}\ soil$)
مقدار	۷/۲	۱/۳	۰/۱۳	لومی شنی	۰/۴	۵/۱	۱۱/۳

جدول ۲- ویژگی‌های کمپوست زباله شهری اراک مورد استفاده در این پژوهش

پارامتر	pH	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	درصد کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	روی کل (mg/kg)	سرب کل (mg/kg)	کادمیوم کل (mg/kg)
مقدار	۷/۵	۲/۶	۱۹/۱	۱/۱	۹۹	۶/۲	۰/۵

جدول ۳- غلظت عناصر سنگین موجود در خاکستر لاستیک مورد استفاده در این پژوهش (mg/kg)

عنصر	سرب	آهن	روی	کادمیوم
غلظت	۳/۱	۹۸	۱۱۳۰۰	۰/۴

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

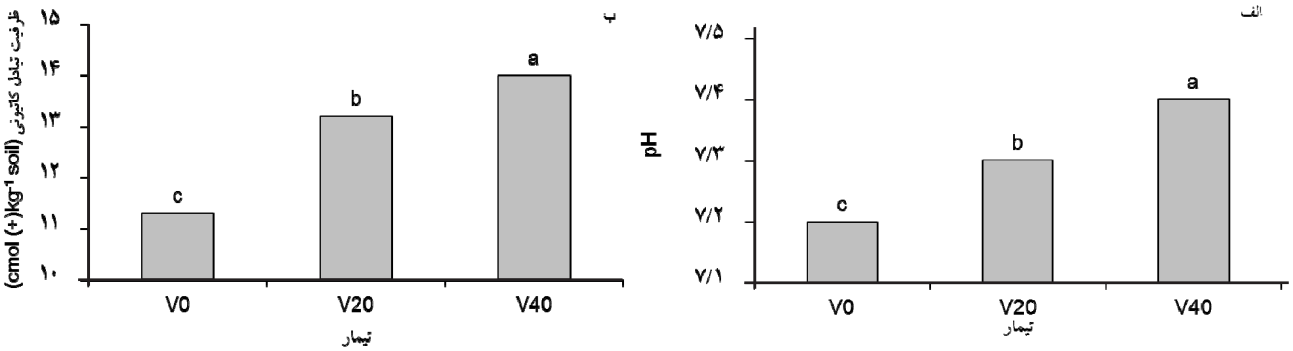
توسط دستگاه جذب اتمی تعیین شد. جهت اندازه‌گیری مقدار کربن آلی در نمونه خاک یا کمپوست زباله شهری اراک از روش اکسیداسیون تر (۱۹) استفاده شد. گنجایش تبادل کاتیونی خاک به روش کلرید باریم اندازه‌گیری شد (۲۰). بافت خاک به روش هیدرومتری (۲۱) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH و قابلیت هدایت الکتریکی کمپوست زباله شهری اراک از نسبت ۱:۵ کود به آب و در مورد نمونه خاک از عصاره اشباع خاک استفاده شده است (۸). مقدار کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون اسید اضافی با سود (۲۲) تعیین شد. مقدار نیتروژن کمپوست زباله شهری اراک به روش کجلدال (۲۳) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت و مقایسه‌های میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم شد، ضمنا برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در گیاهان از مدل رگرسیون، برازش داده شده است.

یافته‌ها

کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک به خاک به ترتیب باعث افزایش ۰/۱ و ۰/۲ واحدی در pH خاک شد. اثر کاربرد کمپوست زباله شهری اراک بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک معنی‌دار بود، به نحوی که کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری به ترتیب باعث افزایش ۱/۹ و ۲/۷ واحدی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شد (نمودار ۱). همچنین کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری به ترتیب باعث افزایش ۲/۶ و ۳/۴ واحدی در نسبت کربن به ازت خاک شد.

بیشترین میزان کادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA (Dietilene Triamine Pentaacetic Acid) در خاک فاقد کمپوست زباله شهری و خاکستر لاستیک، و آلوده به $(V_0T_0Cd_{30})$ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ ۳۰ و کمترین آن درخاک حاوی ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری و آلوده به $(V_{40}T_1Cd_{10})$ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ ۱۰ مشاهده شد (جدول ٤). قابل ذکر است که مقدار کادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA در خاک غیر آلوده به کادمیوم (Cd_0) قابل اندازه‌گیری به‌وسیله دستگاه جذب اتمی نبود. نتایج جدول ٤ حاکی از آن است که کاربرد ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک غنی شده با خاکستر لاستیک در خاک آلوده به ۲۰ و ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ به ترتیب باعث کاهش ۳/۸ و ۵/۱ واحدی در مقدار کادمیوم قابل عصاره‌گیری به وسیله DTPA شده است. اثر ۲۰۰ kg/ha خاکستر لاستیک در خاک فاقد کاربرد کمپوست زباله شهری اراک و آلوده به ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ نیز باعث کاهش ۱/۸ واحدی در مقدار کادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA شد.

بیشترین میزان کادمیوم ریشه گیاه در خاک فاقد کاربرد کمپوست زباله شهری و خاکستر لاستیک و آلوده



نمودار ۱- اثر کاربرد کمپوست زباله شهری اراک بر pH (الف) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (ب) (خاک، V_0، V_{20} و V_{40} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک است)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

جدول ٤- اثر کاربرد ورمی کمپوست، خاکستر لاستیک و کادمیوم بر مقدارکادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA و ریشه گیاه (mg/kg)*

تیمار**	V_0T_0		V_0T_1		$V_{20}T_0$		$V_{20}T_1$		$V_{40}T_0$		$V_{40}T_1$	
	DTPA	ریشه	DTPA	ریشه	DTPA	ریشه	DTPA	ریشه	DTPA	ریشه	DTPA	ریشه
Cd_0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd_{10}	۵/۴^{f}	۸/۲^{j}	۴/۱^{g}	۶/۹^{k}	۳/۱^{h}	۶/۳^{k}	۲/۲^{i}	۵/۱^{l}	۱/۹^{i}	۴/۹^{l}	۰/۶^{j}	۳/۳^{m}
Cd_{20}	۱۰/۲^{c}	۱۵/۸^{f}	۸/۱^{d}	۱۳/۱^{g}	۷/۸^{d}	۱۲/۸^{g}	۶/۱^{e}	۱۰/۹^{h}	۵/۸^{ef}	۱۰/۶^{h}	۴/۲g	۹/۳^{i}
Cd_{30}	۱۵/۱^{a}	۲۵/۴^{a}	۱۳/۳^{b}	۲۲/۸^{b}	۱۲/۸^{b}	۲۳/۱^{b}	۱۰/۱^{c}	۲۱/۴^{c}	۱۰/۳^{c}	۲۰/۲^{d}	۸/۲^{d}	۱۸/۳^{e}

* اعدادی که در هر پارامتر دارای حروف مشابه آماری هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح ۱ درصد ندارند.

** V_0، V_{20} و V_{40} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک، Cd_0، Cd_{10}، Cd_{20}، و Cd_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ و T_0 و T_1 کاربرد مقادیر ۰ و ۲۰۰ kg/ha خاکستر لاستیک است.

ND: قابل اندازه‌گیری به‌وسیله دستگاه جذب اتمی نبود.

به $(V_0T_0Cd_{30})$ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ ۳۰ و کمترین آن در خاک حاوی ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری و آلوده به $(V_{40}T_1Cd_{10})$ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ ۱۰ مشاهده شد. قابل ذکر است که مقدار کادمیوم ریشه گیاه در خاک غیر آلوده به کادمیوم (Cd_0) قابل اندازه‌گیری به‌وسیله دستگاه جذب اتمی نبود (جدول ٤). کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک در خاک آلوده به ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ به ترتیب باعث کاهش ۲/۳ و ۵/۲ واحدی در غلظت کادمیوم ریشه گیاه شد.

بیشترین مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه در خاک فاقد کمپوست زباله شهری اراک و خاکستر لاستیک و آلوده به $(V_0T_0Cd_{30})$ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ ۳۰ مشاهده شد، این در حالی است که کمترین مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه در خاک تیمار شده با ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک (غنی شده با خاکستر لاستیک) و آلوده به ۱۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ مشاهده شد (جدول ۵). قابل ذکر است که مقدار کادمیوم اندام هوایی گیاه در خاک فاقد کادمیوم (Cd_0) قابل اندازه‌گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود (جدول ۵). کاربرد خاکستر لاستیک در خاک فاقد کاربرد کمپوست زباله شهری اراک توانسته است تاثیر به سزایی در کاهش کادمیوم اندام هوایی داشته است، به نحوی که کاربرد ۲۰۰kg/ha خاکستر لاستیک در خاک فاقد کاربرد کمپوست زباله شهری اراک و آلوده به ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$، باعث کاهش معنی‌دار ۲ واحدی در کادمیوم اندام هوایی گیاه شده است.

کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک در خاک آلوده به ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ به ترتیب باعث کاهش ۱/۹ و ۳/۷ واحدی در میزان کادمیوم اندام هوایی گیاه شد. غنی‌سازی کمپوست زباله شهری اراک نیز نقش موثری در کاهش غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه داشت، به نحوی که غنی‌سازی ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک با خاکستر لاستیک در خاک آلوده به ۳۰ mg Cd (kg soil)$^{-1}$ به ترتیب باعث کاهش ۱/۲ و ۳ واحدی در میزان کادمیوم اندام هوایی گیاه شد.

بحث

با توجه به اینکه کاربرد افزایش کاربرد کمپوست زباله شهری از ۰ به ۲۰ و ۴۰ ton/ha به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار ۰/۲ و ۰/٤ واحدی در pH خاک شده و این افزایش pH ممکن است باعث کاهش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف از قبیل روی شود (٢٤)، غنی‌سازی کمپوست زباله شهری تا حدودی می‌تواند این کاهش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف را جبران کند، هر چند که کمپوست زباله شهری نیز خود حاوی عناصر مغذی هستند. از سویی دیگر، این افزایش

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

جدول ۵- اثر کاربرد کمپوست زباله شهری اراک، خاکستر لاستیک و کادمیوم بر غلظت کادمیوم اندام هوایی اسفناج (mg/kg)*

تیمار**	V_0T_0	V_0T_1	$V_{20}T_0$	$V_{20}T_1$	$V_{40}T_0$	$V_{40}T_1$
Cd_0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd_{10}	۳/۴^{g}	۲/۳^{h}	۲/۱^{h}	۱/۲^{i}	۱/۱^{i}	۰/۴^{j}
Cd_{20}	۶/۴^{d}	۵/۳^{e}	۵/۱^{e}	۴/۲^{f}	۴/۱^{f}	۳/۴^{g}
Cd_{30}	۱۰/۳^{a}	۸/۳^{b}	۸/۲^{b}	۷/۱^{c}	۶/۶^{cd}	۵/۳^{e}

* اعدادی که در هر پارامتر دارای حروف مشابه آماری هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح ۱ درصد ندارند.

** V_0، V_{20} و V_{40} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک، Cd_0، Cd_{10}، Cd_{20} و Cd_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ و T_0 و T_1 کاربرد مقادیر ۰ و ۲۰۰ kg/ha خاکستر لاستیک است.

ND: قابل اندازه‌گیری به‌وسیله دستگاه جذب اتمی نبود.

pH می‌تواند نقش مهمی در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک داشته باشد (۲۵) که این می‌تواند یک نکته مثبت زیست محیطی به حساب آید. Baghaie و همکاران (۲۶) نیز در پژوهشی افزایش pH در اثر کاربرد کود آلی را عامل موثری در جهت کاهش قابلیت دسترسی فلز سنگین دانسته‌اند. افزایش معنی‌دار ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در اثر کاربرد کود آلی را نیز می‌توان عامل دیگری در جهت کاهش میزان کادمیوم قابل دسترس خاک و گیاه دانست (۲۶).

Tabarteh و همکاران (۲۷) در پژوهشی غنی‌سازی کود گاوی را عامل موثری در جهت افزایش عناصر ریزمغذی در یک خاک آلوده به سرب دانستند. همچنین این پژوهشگران افزایش pH را عامل موثری در جهت قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک در نظر گرفتند. اثر کاربرد خاکستر لاستیک بر pH خاک معنی‌دار نشد که این می‌تواند یک نکته مثبت در امر تغذیه گیاه به حساب آید. بنابراین غنی‌سازی کودگاوی با خاکستر لاستیک احتمالا می‌تواند عامل موثری در جهت افزایش مقدار روی قابل دسترس خاک باشد (۲۴).

کاربرد کمپوست زباله شهری اراک باعث کاهش معنی‌دار مقدار کادمیوم قابل عصاره‌گیری با DTPA و ریشه گیاه (جدول ٤) شده است که دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش ترکیبات معدنی و آلی موجود در کمپوست زباله شهری اراک در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک نسبت داد (۲۸). با توجه به اینکه کمپوست زباله شهری اراک حاوی غلظت کمتری از فلزات سنگین در مقایسه با میزان آلودگی خاک است، کاربرد این ترکیب احتمالا توانسته است با افزایش ویژگی‌های جذبی خاک و با تثبیت فلزات سنگین کمک شایانی به کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم خاک و ریشه گیاه کند که نتیجه بدست آمده با نتیجه کاربرد کمپوست زباله شهری آلوده به فلزات سنگین در خاک آلوده به فلزات سنگین متفاوت است (۷). Hoshyar و همکاران (۲۹) نیز کاربرد لجن فاضلاب شهری را عامل موثری در جهت کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک و گیاه دانستند. با توجه به اینکه افزایش غلظت فلزات سنگین در مناطق صنعتی کشور امری اجتناب ناپذیر بوده و پالایش خاک آلوده به فلزات سنگین با توجه به افزایش روزمره این ترکیب کاری دشوار است، کاربرد این قبیل افزودنی‌های آلی (غیر آلوده یا با آلودگی کم) احتمالا می‌تواند کمک شایانی به کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک داشته باشد. Hettiarachchi و همکاران (۳۰) بخش معدنی و آلی موجود در ترکیبات آلی را عامل موثری در جهت کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک دانستند که در این میان نقش ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در تغییر قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک نبایستی نادیده گرفته شود. Baghaie (۸) نیز در تحقیقی کاربرد کمپوست زباله شهری اراک را عامل موثری در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در یک خاک لومی آلوده به فلز کادمیوم دانسته است. قابل ذکر است که در این میان به نقش اثر رقابتی روی و کادمیوم نیز بایستی اشاره کرد، به نحوی که کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک به ترتیب باعث افزایش معنی‌دار غلظت روی ریشه گیاه

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

جدول ٦- اثر کاربرد کمپوست زباله شهری اراک، خاکستر لاستیک و کادمیوم بر غلظت روی ریشه گیاه اسفناج (mg/kg)*

تیمار**	V_0T_0	V_0T_1	$V_{20}T_0$	$V_{20}T_1$	$V_{40}T_0$	$V_{40}T_1$
Cd_0	۳۶/۱^{l}	۴۲/۶^{h}	۴۸/۸^{e}	۵۳/۱^{c}	۵۲/۴^{b}	۵۷/۸^{a}
Cd_{10}	۳۲/۶^{m}	۳۷/۵^{k}	۴۵/۷^{f}	۵۰/۸^{d}	۴۹/۴^{e}	۵۳/۱^{c}
Cd_{20}	۲۸/۵^{o}	۳۱/۶^{n}	۳۹/۷^{i}	۴۴/۷^{g}	۳۸/۷^{j}	۴۴/۸^{g}
Cd_{30}	۲۰/۷^{q}	۲۶/۵^{p}	۳۶/۶^{l}	۳۹/۸^{i}	۳۳/۳^{m}	۳۸/۸^{j}

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای حروف مشابه آماری هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح ۱ درصد ندارند
** V_0، V_{20} و V_{40} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک، Cd_0، Cd_{10}، Cd_{20}، و Cd_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$، T_0 و T_1 کاربرد مقادیر ۰ و ۲۰۰ kg/ha خاکستر لاستیک است

(جدول ٦) و کاهش معنی‌دار کادمیوم ریشه گیاه شده است. کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک در خاک آلوده به ۱۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ به ترتیب باعث کاهش معنی‌داری در میزان کادمیوم اندام هوایی گیاه شد (جدول ۵) که دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش کاربرد کمپوست زباله شهری اراک در کاهش معنی‌دار کادمیوم ریشه و در نهایت اندام هوایی گیاه دانست. Molaei و همکاران (۳۱) تاثیر برخی اصلاح کننده‌های آلی بر ویژگی‌های رویشی و غلظت کادمیوم، روی و سرب در ذرت در یک خاک آلوده به عناصر سنگین مورد بررسی قرار گرفته و چنین نتیجه‌گیری شده که بخش آلی و معدنی موجود در این ترکیبات می‌تواند با تثبیت فلزات سنگین نقش موثری در کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک و گیاه داشته است. از سویی دیگر اثر رقابتی روی و کادمیوم نیز احتمالا توانسته است نقش موثری در تغییر غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه داشته باشد، به نحوی که همزمان با غلظت روی اندام هوایی گیاه (جدول ۷)، غلظت کادمیوم اندام هوایی گیاه کاهش یافته است. غنی‌سازی ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک با خاکستر لاستیک در خاک آلوده به ۱۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ نیز باعث کاهش معنی‌دار میزان کادمیوم اندام هوایی گیاه شده است که دلیل احتمالی آن را می‌توان به نقش اثر رقابتی روی و کادمیوم در گیاه دانست که این می‌تواند نکته مثبتی در مدیریت کنترل آلودگی خاک به حساب آید. Sadeghi و همکاران (۳۲) نیز در پژوهشی به اثر آنتاگونیستی این دو عنصر اشاره کردند و چنین نتیجه گرفتند که روی می‌تواند با جلوگیری از انتقال کادمیوم از طریق آوندهای آبکش، توزیع کادمیم در گیاه را تحت تاثیر قرار دهد.

جدول ۷- اثر کاربرد کمپوست زباله شهری اراک، خاکستر لاستیک و کادمیوم بر غلظت روی اندام هوایی گیاه اسفناج (mg/kg)*

تیمار**	V_0T_0	V_0T_1	$V_{20}T_0$	$V_{20}T_1$	$V_{40}T_0$	$V_{40}T_1$
Cd_0	۲۱/۱^{h}	۲۶/۷^{d}	۲۷/۳^{d}	۳۱/۹^{b}	۳۲/۴^{b}	۳۶/۳^{a}
Cd_{10}	۱۷/۵^{j}	۱۹/۹^{i}	۲۴/۱^{e}	۲۷/۴^{d}	۲۷/۴^{d}	۳۰/۶^{c}
Cd_{20}	۱۳/۸^{l}	۱۶/۲^{k}	۲۱/۴^{h}	۲۴/۱^{e}	۲۲/۹^{f}	۲۷/۳^{d}
Cd_{30}	۱۰/۶^{n}	۱۲/۳^{m}	۱۸/۱^{j}	۲۲/۲^{f}	۱۸/۳^{j}	۲۱/۱^{h}

*اعدادی که در هر ردیف یا ستون دارای حروف مشابه آماری هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح ۱ درصد ندارند
** V_0، V_{20} و V_{40} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک، Cd_0، Cd_{10}، Cd_{20}، و Cd_{30} به ترتیب شامل کاربرد مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$، T_0 و T_1 کاربرد مقادیر ۰ و ۲۰۰ kg/ha خاکستر لاستیک است

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

نتیجه‌گیری

استفاده از روش‌های تثبیت فلزات سنگین می‌تواند با کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین در خاک، میزان قابلیت دسترسی کادمیوم گیاه را کاهش دهد. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از کمپوست زباله شهری اراک توانسته است نقش مهمی در کنترل کادمیوم در خاک و گیاه داشته باشد، به طوری‌که کاربرد ۲۰ و ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک نقش موثری در کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک و گیاه اسفناج در خاک آلوده به کادمیوم داشته است. از طرف دیگر، غنی‌سازی کمپوست زباله شهری اراک با خاکستر لاستیک نیز توانسته است به دلیل اثر رقابتی روی و کادمیوم، قابلیت دسترسی کادمیوم در محیط خاک و گیاه را کاهش دهد، به نحوی که کاربرد ۴۰ ton/ha کمپوست زباله شهری اراک غنی شده با خاکستر لاستیک بالاترین راندمان کاهش قابلیت دسترسی کادمیوم در اندام هوایی گیاه اسفناج در خاک آلوده به ۳۰ mg Cd $(kg\ soil)^{-1}$ را داشته است. قابل ذکر است که نوع منبع آلودگی خاک نیز می‌تواند تاثیر به‌سزایی در تغییر غلظت روی گیاه داشته باشد. با توجه به اینکه این پژوهش در محیط گلخانه در شرایط کنترل شده صورت پذیرفته است و شرایط رشد گیاه در محیط گلخانه با محیط مزرعه متفاوت است، توصیه می‌شود نتایج این مطالعه در محیط مزرعه نیز مورد بررسی قرار گرفته و نقش غنی‌سازی کمپوست زباله شهری با خاکستر لاستیک بر سایر صفات فیزیولوژیکی گیاه نیز در خاک آلوده به فلز کادمیوم مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسنده مقاله بر خود لازم می‌داند از معاونت پژوهشی و حمایت‌های بی‌دریغ دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، به جهت در اختیار قرار دادن امکانات برای انجام این پژوهش، کمال تقدیر و تشکر را بنماید.

منابع

1. Malakootian M, Yaghmaeian K, Meserghani M, Mahvi A. Determination of Pb, Cd, Cr and Ni concentration in imported Indian rice to Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;4(1):77-84 (in Persian).
2. Mohajer R, Salehi MH, Mohammadi J. Lead and cadmium concentration in agricultural crops (lettuce, cabbage, beetroot, and onion) of Isfahan Province, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2014;7(1):1-10 (in Persian).
3. Wang L, Ji B, Hu Y, Liu R, Sun W. A review on in situ phytoremediation of mine tailings. Chemosphere. 2017;184:594-600.
4. Bahrami M, Brumand-Nasab S, Kashkooli H-A, Farrokhian Firouzi A, Babaei A-A. Cadmium removal from aqueous solutions using modified magnetite nanoparticles. Iranian Journal of Health and Environment. 2013;6(2):221-32 (in Persian).
5. Sharifi M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh AH. Effects of sewage sludge, animal manure, compost and cadmium chloride on cadmium accumulation in corn and alfalfa. Journal of Residuals Science and Technology. 2010;7(4):219-25.
6. Karami M, Afyuni M, Rezaee Nejad Y, Khosh Goftarmanesh A. Cumulative and Residual Effects of Sewage Sludge on Zinc and Copper Concentration in Soil and Wheat. Journal of Water and Soil Science. 2009;12(46):639-54 (in Persian.)
7. Asgharipour MR, Rahmanian Koshki B. Lentils Responses to Cadmium Pollution from Animal Manure Compost or Metal Salt. Journal of Water and Soil Science. 2015;19(71):349-59 (in Persian.)
8. Baghaie A. Effect of municipal waste compost and zeolite on reduction of cadmium availability in a loamy soil (A case study: Arak municipal waste compost). Journal of Soil Management and Sustainable Production. 2017;6(4):103-17 (in Persian.)
9. Khoshgoftarmanesh A, Shariatmadari H, Karimian N, Kalbasi M, Khajehpour M. Zinc efficiency of wheat cultivars grown on a saline calcareous soil. Journal of Plant Nutrition. 2005;27(11):1953-62.
10. Ueno D, Zhao F-l, Ma JF. Interactions between Cd and Zn in relation to their hyperaccumulation in Thlaspi caerulescens. Soil Science and Plant Nutrition. 2004;50(4):591-97.
11. Taheri S, Khoshgoftarmanesh AH, Shariatmadari

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

H, Chaney RL. Kinetics of zinc release from ground tire rubber and rubber ash in a calcareous soil as alternatives to Zn fertilizers. Plant and Soil. 2011;341(1-2):89-97.
12. Rahimi S, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh AH, Noruzi M. Assessment of Soil Quality Index with Zinc Fertilizer and its Concentration Wheat Grain. Journal of Water and Soil Science. 2015;19(71):47-57 (in Persian.)
13. Jahanbakhshi S, Rezaei MR, Sayyari-Zahan MH. Comparison Effect of Phytoremediation in Cadmium and Chromium Contaminated Soil in Spinacia oleracea and Lepidium sativum. Journal of Water and Soil Science. 2015;18(70):1-12 (in Persian.)
14. Mollaei R, Abedi Koupai J, Eslamian SS. Effect of Zeolite on Cadmium Uptake By Spinach (Spinacia Oleares L.) in Wastewater Irrigation. Journal of Water and Soil Science. 2016;20(75):15-25 (in Persian.(
15. Rahimi Alashti S, Bahmanyar MA, Ahmad Abadi Z. Changes in Soil Physical Properties and Concentrations of Lead and Chromium in Spinach Affected by Enriched Municipal Compost. Journal of Water and Soil Science. 2013;17(63):1-11 (in Persian.)
16. Lee P-K, Choi B-Y, Kang M-J. Assessment of mobility and bio-availability of heavy metals in dry depositions of Asian dust and implications for environmental risk. Chemosphere. 2015;119:1411-21.
17. Allen SE, Grimshaw HM, Rowland AP. Chemical analysis. In: Moore PD, Chapman SB, editors. Methods in plant ecology. Oxford, London: Blackwell Scientific Publication; 1986. p. 285-344.
18. Westerman RL. Soil Testing and Plant Analysis. Wisconsin: Soil Science Society of America; 1990.
19. Nelson DW, Sommers LE. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR, editors. Methods of soil analysis. Wisconsin: Soil Science Society of America; 1996. p. 961-1010.
20. Rhoades JD. Cation exchange capacity. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR, editors. Methods of Soil Analysis. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy; 1982. p. 149-57.
21. Gee GW, Bauder JW. Particle-size analysis. In: Klute A, editor. Methods of soil analysis. Madison, WI: American Society of Agronomy; 1986. p. 383-409.
22. Nelson RE. Carbonate and gypsum. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR, editors. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy; 1982. p. 181-97.
23. Bremner JM. Nitrogen-total. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR, editors. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy; 1996. p. 1085-121.
24. Lindsay WL, Norvell WA. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal. 1978;42:421-28.
25. Lindsay WL. Zinc in soils and plant nutrition. Advances in Agronomy. 1972;24:147-86.
26. Baghaie A, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M. Crop effects on lead fractionation in a soil treated with lead organic and inorganic sources. Journal of Residuals Science and Technology. 2010;7(3):131-38.
27. Tabarteh Farahani N, Baghaie AH, Polous A. Effect of enriched cow manure with converter sludge on Fe bio-availability in a lead polluted soil. Journal of Water and Soil Conservation. 2017;24(1):205-20 (in Persian.)
28. Basta NT, Ryan JA, Chaney RL. Trace element chemistry in residual treated soil: Key concepts and metal bioavailability. Journal of Environmental Quality. 2005;34:49-63.
29. Houshyar P, Baghaei A. Effectiveness of DTPA Chelate on Cd Availability in Soils Treated with Sewage Sludge. Journal of Water and Wastewater. 2017;28(4):103-11 (in Persian).
30. Hettiarachchi GM, Ryan JA, Chaney RL, La Fleur CM. Sorption and desorption of cadmium by different fractions of biosolids-amended soils. Journal of Environmental Quality. 2003;32:1684-93.
31. Molaei S, Shirani H, Hamidpour M, Shekofteh H, Besalatpour AA. Effect of Vermicompost, Pistachio Kernel and Shrimp Shell on Some Growth Parameters and Availability of Cd, Pb and Zn in Corn in a Polluted Soil. Journal of Water and Soil Science. 2016;19(74):113-24 (in Persian.)
32. Sadeghi S, Oustan S, Najafi N, Valizadeh M, Monirifar H. Interaction Effects of Zinc and Cadmium on Growth and Chemical Composition of Canola (Brassica napus cv. Hyola) in a Loamy Sand Soil. Water and Soil Science. 2017;26(4.1):237-54 (in Persian.)

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Effect of tire rubber ash enriched municipal waste compost on decreasing spinach Cd concentration (a case study: Arak municipal waste compost)

AH Baghaie*

Department of Soil Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 29 July 2017
Revised: 26 September 2017
Accepted: 2 October 2017
Published: 12 December 2017

Key words: Cadmium, Tire rubber ash, Compost, Arak, Spinach

***Corresponding Author:**
a-baghaie@iau-arak.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Polltion of food chain components such as vegetables to heavy metals is one of the important environmental problems. Remediation management of these metals especially Cd is very important. Thus, this research was done to investigate the effect of Arak municipal waste compost enriched with tire rubber ash on decreasing spinach Cd concentration in a Cd polluted soil.

Materials and Methods: Treatments consisted of applying (0, 200 kg/ha) Arak municipal waste compost enriched with tire rubber ash and Cd pollution at the rates of 0, 10, 20 and 30 mg Cd (kg soil)$^{-1}$. The plant used in this experiments was spinach.

Results: Increasing application rate Arak municipal waste compost from 0 to 20 and 40 ton/ha in a Cd polluted soil (mg Cd (kg soil)$^{-1}$) caused a significant reduction in DTPA extractable-Cd by16 and 45 %, respectively. Similar to this result, shoot Cd concentration was decreased. Applying tire rubber ash also had an important role on decreasing Cd concentration.

Conclusion: The results of this study showed that applying Arak municipal waste compost had an important role on decreasing Cd concentration. This was due to the application of the organic amendment on increasing soil sorption properties that it in turn decreased soil and plant Cd concentration. However, the role of plant type and soil physico-chemical properties on changes in Cd availability cannot be ignored.

Please cite this article as: Baghaie AH. Effect of tire rubber ash enriched municipal waste compost on decreasing spinach Cd concentration (a case study: Arak municipal waste compost). Iranian Journal of Health and Environment. 2017;10(3):401-10

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-02-10]