مجله سلامت و محیط، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۲، صفحات۵۲۳ تا۵۳۴

بررسی تاثیر جنس خاک بر نشت و جذب فلزات سنگین (کروم، سرب و کادمیوم) بعد از کاربرد کمپوست بر روی خاک‌ها

احمد جنیدی جعفری[۱]، ایوب رستگار[۲]، مهدی فرزادکیا[۱]، روشنک رضایی کلانتری[۱]، زهرا رضائی گزل آباد[۲]

دریافت: ۹۱/۰۳/۱۷ پذیرش: ۹۱/۰۶/۱۵

چکیده:

زمینه و هدف: کاربرد کمپوست حاوی فلزات سنگین می‌تواند میزان غلظت فلزات را در خاک و آب‌های زیرزمینی افزایش دهد. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی نشت فلزات سرب، کروم و کادمیوم از سه خاک آمیخته به کمپوست مواد زائد شهری است.

روش بررسی: ابتدا خاک‌های انتخاب شده داخل ستون‌های با قطر داخلی ۱۰۰ mm و ارتفاع ۶۰۰ mm ریخته شده و تیمارها که شامل: کمپوست حاوی فلزات کمتر، کمپوست حاوی فلزات بیشتر و شاهد بودند هر یک در ستونی مجزا بارگذاری گردیدند. ستون‌های خاک در دمای اتاق به مدت ۹ روز با آب مقطر آبیاری شدند تا اینکه ارتفاع آب مصرفی به ۲۵۰ mm رسید. شیرابه جمع‌آوری شده و غلظت سرب، کروم، کادمیوم، pH و هدایت الکتریکی آن مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد، کاربرد کمپوست حاوی فلزات بیشتر بر کاهش pH، افزایش هدایت الکتریکی و نشت فلزات سرب، کروم و کادمیوم بر روی هر سه خاک نسبت به شاهد معنادار است ($P_V \leq ۰،۰۵$). اما کاربرد کمپوست حاوی فلزات کمتر بر نشت فلزات نسبت به شاهد در هر سه خاک معنادار نیست ($P_V \geq ۰،۰۵$). به‌طور کلی میزان نشت فلزات از هر سه خاک به این ترتیب شنی لومی > شنی رسی لومی> سیلت رسی لومی است.

نتیجه‌گیری: غلظت فلزات در شیرابه بستگی به ویژگی‌های خاک و نوع کمپوست افزوده شده به خاک دارد. از این‌رو کاربرد کمپوست حاوی فلزات بیشتر برروی خاک‌های دارای درصد بالای شن، ممکن است آب‌های زیرزمینی را در معرض آلودگی به فلزات سنگین قرار دهد.

واژگان کلیدی: خاک، فلزات سنگین، کمپوست

۱-دکترای بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران تهران- ایران
۲-(نویسنده مسئول): عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار- ایران
rastegar.89@gmai.com

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

مقدمه

خاک از مواد متنوعی نظیر مواد معدنی، مواد آلی، آب، هوا و میکروارگانسیم‌ها تشکیل شده است(۱). با گذشت زمان و فعالیت‌های بشر از مواد معدنی و آلی خاک کاسته می‌شود(۲). استفاده از کودهای آلی نظیر کمپوست به دلیل هزینه کمتر، غنی از مواد آلی، کنترل فرسایش، کاهش تراکم، افزایش تبادل کاتیونی و افزایش تخلخل در سال‌های اخیر رواج یافته است (۳ ، ۴). ولی وجود موادی از قبیل رنگ‌ها، باطری‌ها، وسایل الکترونیکی، وسایل آرایشی و باقیمانده مواد دارویی در زباله شهری باعث شده است که کمپوست حاوی فلزات سنگین باشد(۵ ، ۶). متداول‌ترین فلزات در کمپوست شامل کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب است که غلظتشان از چند میکروگرم تا چند میلی‌گرم در کیلوگرم متغیر است(۷). از این‌رو استفاده از کمپوست بر روی خاک باعث می‌شود که فلزات در لایه‌های خاک انباشته شده و در نهایت به آب‌های سطحی و زیرزمینی نشت کرده و سبب آلوده شدن آب‌ها می‌گردد که به دلیل خاصیت سمی و سرطان‌زایی‌شان، وجود آن‌ها در آب‌های زیرزمینی سلامتی بشر را تهدید می‌کند(۱۰-۸). میزان نشت فلزات به لایه‌های پایین‌تر خاک به تجمع‌پذیری، حرکت‌پذیری، عواملی مختلفی از قبیل pH آب و خاک، پتانسیل اکسیداسیون، جنس خاک، غلظت و نوع یون رقابت‌کننده، حضور لیگاندهای آلی یا معدنی، محتوای ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کانی‌های رسی، کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن- منگنز، قدرت یونی، جنس خاک، جذب سطحی ویژه، اندازه ذرات خاک و ویژگی‌های گیاه برجذب و واجذب فلزات بستگی دارد(۱۶-۱۱). نتایج مطالعه Ortiz و همکاران، نشان می‌دهد که افزودن لجن به خاک سبب کاهش pH و افزایش هدایت الکتریکی می‌شود، که این کاهش pH سبب افزایش حلالیت عناصر فلزی و در نتیجه انتقال آن‌ها به آب‌های زیرزمینی می‌شوند(۱۷). در مطالعه دیگر توسط Chen و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان می‌دهد که کاربرد کمپوست مواد زائد شهری بر روی خاک قرمز، سبب نشت ۴٪ مس و بیش از ۵۸/۳٪ روی می‌شود(۱۸). در تحقیقی که توسط آقای Kaschl و همکاران در سال ۲۰۰۲ انجام گرفت نشان می‌دهد که علت نشت فلزات، پیوند ضعیف فلزات با مواد آلی محلول است(۱۹). با وجود اینکه در دهه اخیر استفاده از کمپوست در زمین‌های کشاورزی افزایش یافته است، ولی تحقیقاتی در مورد تاثیر جنس خاک بر نشت آلاینده‌های کمپوست در ایران صورت نگرفته است، بنابراین این پژوهش با هدف تعیین میزان نشت و جذب کروم، کادمیوم و سرب بعد از کاربرد کمپوست مواد زائد شهری بر روی سه نوع خاک شنی لومی، شنی رسی لومی و سیلت رسی لومی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه که از نوع آزمایشگاهی- مداخله‌ای است جهت تعیین تاثیر جنس خاک بر انتقال فلزات سنگین بعد از کاربرد کمپوست از سه نوع خاک با خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مختلف از زمین‌های کشاورزی بدون سابقه مصرف کمپوست استفاده شد. ابتدا سطح روی هر خاک را جهت حذف خار و خاشاک کنار زده سپس یک حفره با سطح مقطع حدود ۱ m^2 و با عمق ۶۰ cm حفر شد و خاک آن در هوای آزاد خشک گردید؛ جهت یکنواخت‌سازی و حذف مواد درشت موجود در خاک از الک ۲ mm عبور داده شد.

کمپوست مواد زائد شهری مورد مطالعه از کارخانه کمپوست کهریزک خریداری شد. با توجه به اینکه کمپوست اولیه دارای میزان فلزات سنگین کمتری بود؛ از این‌رو بخشی از کمپوست به وسیله مستغرق کردن آن در محلول حاوی فلزات سنگین (کروم، سرب، کادمیوم) به مدت ۲۴ h از فلزات غنی گردید. به خصوصیات خاک‌ها و کمپوست در جدول شماره ۱ اشاره شده است.

آماده‌سازی ستون‌ها: ابتدا ۱۸ ستون پلی اتیلن (۲ بار تکرار × ۳ خاک × ۳ تیمار) با قطر ۱۱ cm و با ارتفاع ۶۰ cm تهیه و یک صفحه پلاستیکی دارای روزنه‌های ریز در زیر ستون جهت تسهیل خروج شیرابه از ستون نصب گردید. جهت جلوگیری از خروج ذرات خاک یک فیلتر کاغذی بر روی بشقاب پایینی گذاشته شد. سپس ستون‌ها تا ارتفاع ۵ cm از ذرات شن درشت جهت زهکشی بهتر پر شدند. آنگاه مقدار خاک محاسبه شده برای پر کردن هر ستون (طبق جرم مخصوص ظاهری خاک و حجم ستون) به‌صورت تدریجی طی چندین مرحله بدون

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

عملیات فشردگی خاص اضافه گردید، سپس در دو مرحله کمپوست (کمپوست غنی نشده و کمپوست غنی شده) به میزان ۱۰ kg/m^2 با خاک سطحی ستون‌ها آمیخته شد، یک ستون از هر خاک به عنوان شاهد (بدون کاربرد کمپوست) در نظر گرفته شد. در پایان یک بشقاب پلاستیکی دارای روزنه‌های ریز بر روی دهانه ستون‌ها نصب گردید. ستون‌های خاک به مدت ۹ روز و روزانه ۲۵۰ mL آب مقطر با pH= ۶/۵ آبیاری شدند. کل آب مصرفی برای هر ستون ۲۲۵۰ mL است. سپس شیرابه حاصل از ستون‌ها جمع‌آوری گردید و پارامترهای pH، هدایت الکتریکی، غلظت سرب، کروم و کادمیوم (فلزات سنگین در شیرابه به‌طور مستقیم توسط دستگاه جذب اتمی) مورد آنالیز قرار گرفتند.

آنالیز خاک و کمپوست: خاک‌های مورد مطالعه در هوای آزاد خشک و سپس با الک ۲ mm الک گردید، بافت خاک‌ها توسط روش پیپت، pHخاک و pH کمپوست توسط pH متر(مدل دستگاه HQ۴۰D, USE) با نسبت (۱:۲/۵) و فلزات سنگین موجود در خاک و کمپوست بعد از عمل هضم توسط تیزاب سلطانی(۲۰)، با دستگاه جذب اتمی (Perkin elmer 3110) و مواد آلی کمپوست توسط روش اکسیداسیون با دی کرومات پتاسیم تعیین گردیدند.

آنالیز آماری: نتایج حاصل از مطالعه با استفاده از نرم افزار SPSS و با آزمون آنالیز واریانس مورد آنالیز قرار گرفتند. جهت تعیین ارتباط بین ECو فلزات سنگین در شیرابه و pH با فلزات سنگین از آزمون ضریب هبستگی spearman استفاده گردید. جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

یافته‌ها:

تاثیر کمپوست بر pH نشتاب خاک‌ها:

نتایج حاصل از مطالعه نشان می‌دهد که مصرف کمپوست بر روی خاک‌ها، میزان pH شیرابه خروجی از ستون را کاهش می‌دهد. میانگین pH در زه‌آب خروجی خاک شنی لومی، شنی رسی لومی و سیلت رسی لومی بدون کاربرد کمپوست به ترتیب ۸/۳ ، ۸/۲ و ۷/۲ ، در اثر کاربردLow metal content compost (LMCC) ، ۸/۱۵ ، ۸/۱ و ۶/۹۴ و در اثر کاربرد Enrich metal content compost (EMCC)، ۸/۱۳ ، ۸/۱۵ و ۶/۸۶ بوده است. بیشترین تاثیر کاربرد کمپوست بر کاهش pH شیرابه خروجی از خاک شنی لومی مشاهده گردید. تغییرات pH در شیرابه حاصل از خاک‌های دریافت‌کننده کمپوست بستگی به نوع خاک و زمان دارد به‌طوری‌که بیشترین اختلاف pH در تیمارهای کمپوست حاوی فلزات نسبت به شاهد در روزهای اولیه مشاهده گردید.

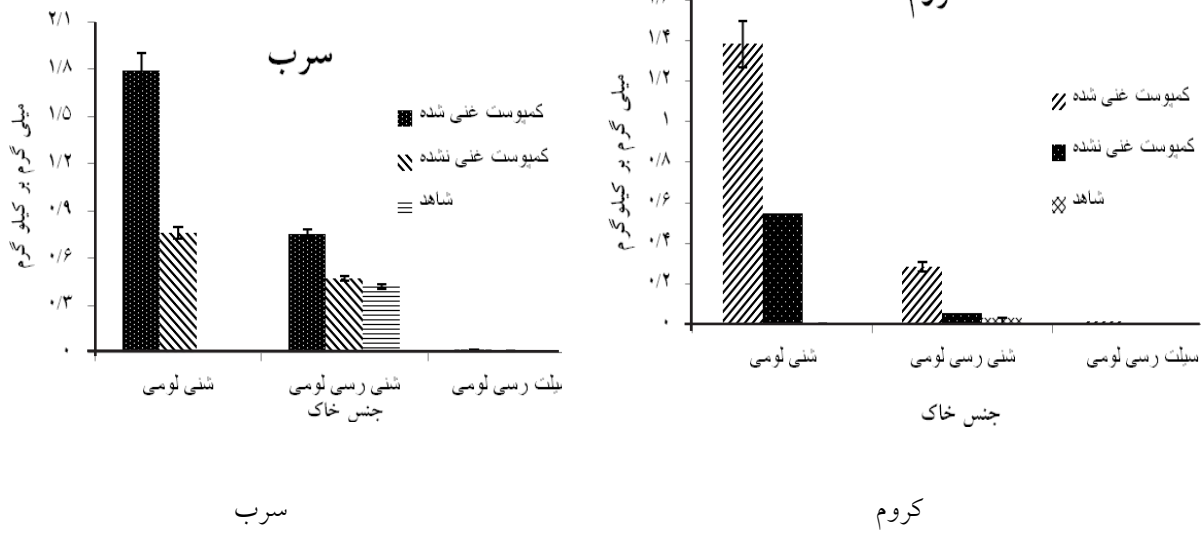
جدول۱.خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک‌ها و کمپوست مورد مطالعه (استخراج فلزات با تیزاب سلطانی)

	شن(٪)	رس(٪)	سیلت(٪)	pH	Organic Matter OM(%) (OM) ٪	EC mS	Pb(mg /kg)	Cr(mg /kg)	Cd(mg /kg)
شنی لومی	٦٣	١٥/٧	٢٢/٣	٨/٧	٠/٨	٢/٤	٣/٩	٢/١	٠
شنی رسی لومی	٦١/٧	٣٣	٥/٣	٨/٤٩	٢/٤	٣/٩	١٥/٦	٣/٧	٠
سیلت رسی لومی	١٧/٧	٣٨/٩	٤٣/٤	٧/١	١٠/١	٥/٣	١/٤	٠/٥	٠
کمپوست غنی نشده	....	....	.....	٧,٤٩	١٣/٧	٦/٩	٢٠٠	٩٨	٥
کمپوست غنی شده	.....	.....	.....	٧,٤٩	١٣/٧	٨/٤٧	٥٠٠	٢٥٨	٤٥
استاندارد ایران	.....	.....	.....	...	.....	.....	٢٠٠	١٥٠	١٠

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

تاثیر کمپوست بر هدایت الکتریکی نشتاب خاک‌ها:
مصرف کمپوست بر روی خاک باعث افزایش هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی حاصل از خاک‌ها گردید به گونه‌ای که میانگین هدایت الکتریکی در زه‌آب خروجی خاک‌های بدون دریافت‌کننده کمپوست (شاهد) شنی لومی، شنی رسی لومی و سیلت رسی لومی به این ترتیب ۳۲۳ ، ۸۵۷ و ۱۰۲۰ µm/mc به ۲۴۴۰ ، ۱۴۰۰ و ۱۹۶۰ در اثر کاربرد کمپوست حاوی فلزات کمتر (غنی نشده) در نهایت به ۴۱۳۰ ، ۲۹۱۰ و ۲۳۵۰ در اثر کاربرد کمپوست حاوی فلزات بیشتر (غنی شده) به‌دست آمد.

مقایسه تاثیر جنس خاک بر نشت فلزات سنگین (کروم، سرب و کادمیوم) در اثر کاربرد کمپوست:
شکل (۱) مجموع نشت هر سه فلز در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک‌ها را در یک ستون ۶۰ cm نشان می‌دهد. کاربرد کمپوست غنی نشده بر روی خاک شنی رسی لومی و سیلت رسی لومی تاثیری بر نشت فلزات نداشته ولی بر روی خاک شنی لومی تاثیر مثبت داشته است. به‌طوری‌که بیشترین میزان سرب نشت یافته از ستون خاک‌ها در اثر کاربرد کمپوست مربوط به خاک شنی لومی، و کمترین میزان سرب نشت یافته مربوط به خاک سیلت رسی لومی است. میزان سرب نشت یافته از خاک شنی لومی در اثر کاربرد کمپوست EMCC تقریبا ۶/۵ برابر میزان سرب نشت یافته از خاک شنی رسی لومی، و بیش از ۱۰۰ برابر میزان سرب نشت یافته از خاک سیلت رسی لومی است، بیشترین میزان کروم نشت یافته از ستون‌های خاک در اثر کاربرد کمپوست (LMCC و EMCC) مربوط به خاک شنی لومی بوده و کمترین میزان مربوط به خاک سلیت رسی لومی است. میانگین کروم نشت یافته از ستون خاک شنی لومی ۵ برابر میانگین کروم نشت یافته از خاک شنی رسی لومی و ۱۰۰ برابر میانگین کروم نشت یافته از خاک سیلت رسی لومی است. میزان نشت کادمیوم، سرب و کروم در اثر کاربرد کمپوست EMCC از خاک سیلت رسی لومی صفر بوده و میزان نشت کادمیوم در هر دو خاک شنی لومی و شنی رسی لومی مشاهده نشد.



سرب کروم

شکل۱: میانگین میزان نشت فلزات از ستون خاک‌های مورد مطالعه در اثر کاربرد کمپوست LCM و ECM

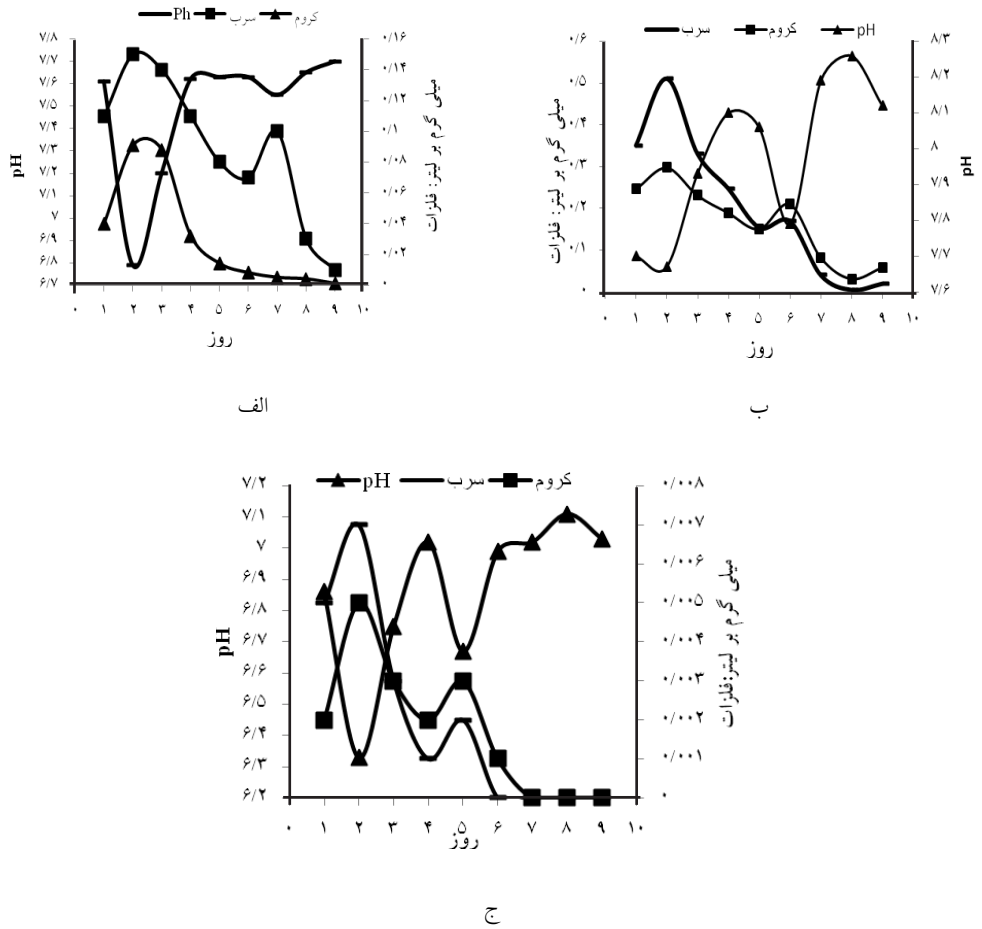
[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

ارتباط بین pHبا فلزات سنگین نشت یافته در شیرابه حاصل از ستون‌ها:

نتایج این مطالعه (شکل۲) نشان می‌دهد که رابطه بین pH وهدایت الکتریکی نشتاب با نشت فلزات سنگین وجود دارد، به گونه‌ای که با کاهش pH میزان نشت فلزات افزایش و با افزایش میزان هدایت الکتریکی نشتاب، میزان فلزات در زه‌آب خروجی هم بیشتر می‌شود.

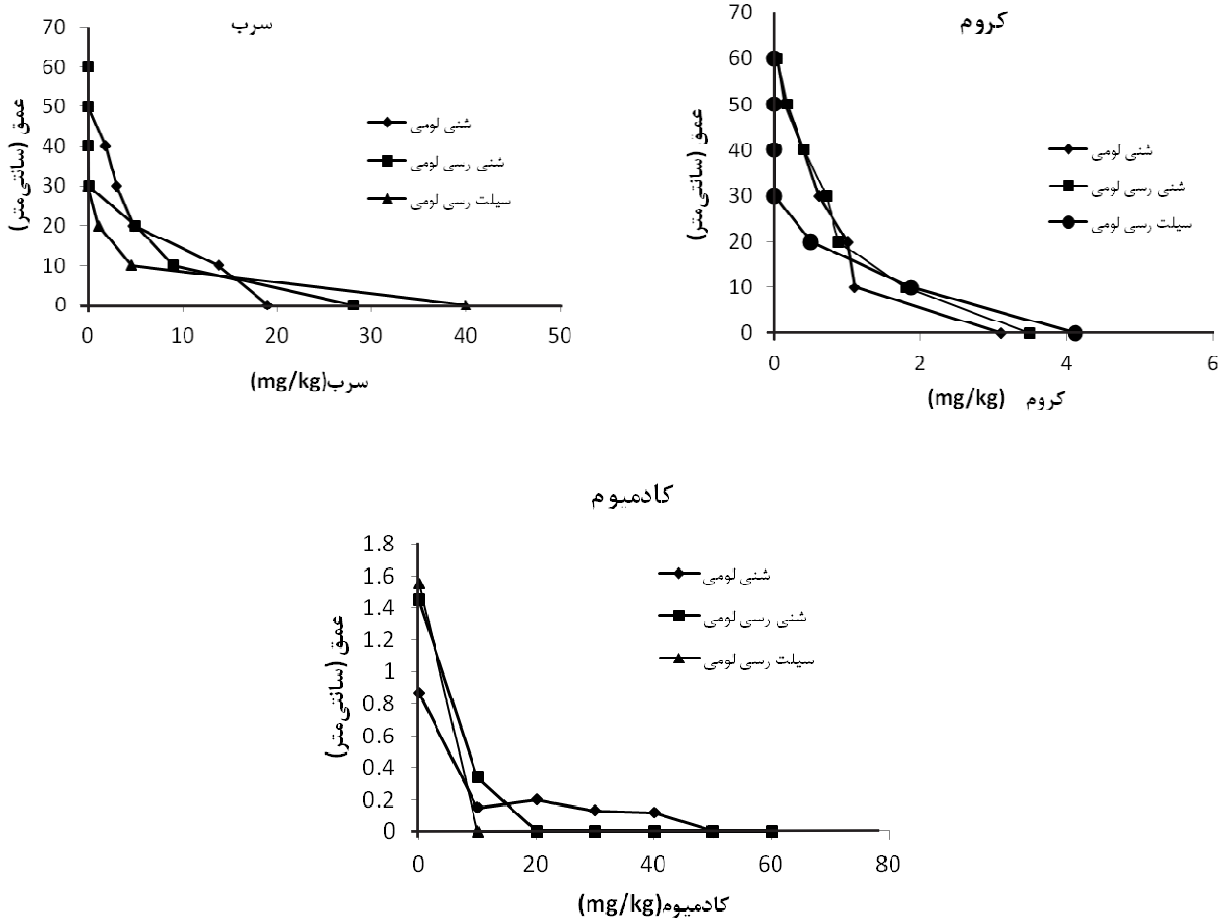
میزان فلزات باقیمانده در لایه‌های خاک‌ها:

شکل شماره ۳، میزان فلزات (کروم، سرب و کادمیوم) باقیمانده در لایه‌های هر سه خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر این است که غلظت هر سه فلز مورد مطالعه در لایه‌های سطحی تمام خاک‌ها بیشتر و به‌تدریج در عمق‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد. همچنین عمق نفوذ فلزات (کروم، سرب و کادمیوم) در هر سه خاک یکسان نبوده و میزان باقیمانده فلزات در لایه سطحی خاک‌ها هم یکسان نیست به گونه‌ای که بیشترین میزان فلزات باقیمانده در لایه سطحی مربوط به خاک سیلت رسی لومی و کمترین میزان فلزات باقیمانده در لایه سطحی مربوط به خاک شنی لومی است.



شکل ۲: ارتباط pHشیرابه با فلزات سنگین نشت یافته از ستون خاک‌ها در اثر کاربرد کمپوست غنی شده با pH آب آبیاری ٦/٥.
الف: شنی رسی لومی. ب: شنی لومی. ج: سیلت رسی لومی

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]



شکل۳: میزان فلزات باقیمانده در لایه‌های خاک‌ها بعد از کاربرد کمپوست

بحث

تاثیر کمپوست بر pH نشتاب خاک‌ها:

تاثیر کاربرد کمپوست بر کاهش pH نسبت به بدون کاربرد کمپوست در هر ۳ خاک معنادار است $p\leq$ ۰/۰۵ عوامل متعددی می‌تواند بر این کاهشpH تاثیرگذار باشند. دلیل کاهش pH نشتاب در اثر کاربرد کمپوست بر روی انواع خاک‌ها می‌تواند ناشی از فرآیند معدنی‌سازی باشد که کربن آلی موجود در کمپوست تجزیه شده و تولید اسیدهای معدنی و آلی نموده است. همچنین گاز دی اکسیدکربن در اثر تجزیه مواد آلی کمپوست سبب کاهش pH شیرابه می‌شود (۳). از عوامل موثر دیگر بر کاهش pH، اسیدهای آلی از قبیل هیومیک و فولیک موجود در کمپوست می‌تواند باشد(۲۱). Achiba و همکاران در سال ۲۰۰۹ با مصرف کمپوست بر روی خاک نشان دادند که pH خاک از ۸/۳ به ۸/۰۵ افت نموده، دلیل کاهش pH را تجزیه و معدنی شدن مواد آلی گزارش کردند که باعث تولید گاز دی اکسید کربن می‌شود(۱۲). Mohammad و همکارش در سال ۲۰۰۴ علت کاهش pH خاک در اثر کاربرد کمپوست لجن تصفیه‌خانه شهری را تجزیه و معدنی شدنی مواد آلی گزارش نمودند(۷). Chen و همکاران در سال ۲۰۱۰ علت کاهش pH شیرابه در اثر کاربرد کمپوست مواد زائد شهری بر روی خاک قرمز را تبادل یون بین ذرات خاک و کاتیون‌های موجود در خاک، فلزات سنگین و اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم در کمپوست گزارش نمودند(۱۸). از این‌رو نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات ذکر شده از نظر تاثیر کاربرد کمپوست بر کاهش pH همخوانی دارد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

تاثیر کمپوست بر هدایت الکتریکی نشتاب خاک‌ها: افزایش هدایت الکتریکی در اثر کاربرد کمپوست LCM نسبت به شاهد بر روی خاک سیلت رسی لومی و شنی رسی لومی معنادار نیست۰/۰۵ $p \geq$. ولی در مورد خاک شنی لومی این میزان افزایش معنادار است ۰/۰۵ ≥p. کاربرد کمپوست ECM بر روی هر سه خاک نسبت به شاهد معنادار است ۰/۰۵ ≥ p علت افزایش هدایت الکتریکی نشتاب در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک به دلیل وجود عناصر فلزی، پتاسیم، سدیم، فسفر و سولفات در کمپوست است. دلیل معنادار نبودن افزایش هدایت الکتریکی نسبت به شاهد می‌تواند به دلیل کم بودن عناصر فلزی در کمپوست باشد. همچنین دلیل معنادار بودن در مورد تیمار ECM و خاک شنی لومی، میزان نشت عناصر فلزی است در همین راستا Chen و همکاران بیان نمودند که نشت فلزات از ستون خاک در اثر کاربرد کمپوست سبب افزایش هدایت الکتریکی نشتاب می‌شود (۱۸). Kaschl و همکاران در سال ۲۰۰۲ در اثر کاربرد کمپوست مواد زائد شهری بر روی خاک آهکی گزارش نمود که میزان هدایت الکتریکی در نشتاب تیمارهای حاوی فلزات بیشتر نسبت به تیمارهای فلزات کمتر بیشتر است(۱۹). در مطالعه‌ای که توسط Courtney و همکارش (۲۰۰۸) انجام گرفت نشان داد که دلیل افزایش هدایت الکتریکی نشتاب در اثر کاربرد کمپوست وجود عناصر فلزی و یون‌های چون سدیم، پتاسیم در کمپوست است(۲۱). Ghiamati و همکاران در سال ۱۳۸۸ در اثر کاربرد کمپوست مواد زائد شهری بر روی خاک لومی نتیجه‌گیری نمودند که کاربرد کمپوست سبب افزایش هدایت الکتریکی خاک می‌گردد، که علت این افزایش هدایت الکتریکی را وجود یون‌های چون سدیم، پتاسیم، فسفر، نیتروژن و سولفات گزارش کردند (۳). از این‌رو تاثیر کمپوست بر افزایش هدایت الکتریکی در این پژوهش با مطالعات ذکر شده همخوانی دارد.

مقایسه تاثیر جنس خاک بر نشت فلزات سنگین (کروم، سرب و کادمیوم) در اثر کاربرد کمپوست:

میزان نشت فلزات از ستون خاک‌ها در اثر کاربرد (LMCC وEMCC)نسبت‌به هم‌تفاوت معناداری داشتند ۰/۰۵≥p به گونه‌ای که میزان نشت فلزات از خاک سیلت رسی لومی نسبت به خاک شنی رسی لومی و شنی لومی کمتر است (شکل۱)، دلیل اینکه میزان نشت فلزات از خاک سیلت رسی لومی کمتر است به خاطر خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک است. زیرا این خاک دارای تبادل کاتیونی بالا، مواد آلی بالا، درصد رس بیشتر و درصد شن کمتر نسبت به دو خاک دیگر است (جدول۱). بالا بودن مواد آلی در خاک باعث فیکس شدن فلزات سنگین به صورت شکل‌گیری کمپلکس آلی فلزی در خاک می‌شود و در نهایت سبب کاهش حرکت‌پذیری فلزات از خاک می‌شود(۲۲). همچنین وجود رس و سیلت بالا در این خاک مکان‌های جذب برای فلزات را افزایش می‌دهد(۱۱و۱۲).

از بین خاک شنی رسی لومی و شنی لومی میزان فلزات در شیرابه خاک شنی لومی بیشتر مشاهده گردید که دلیل آن می‌تواند به خاطر درصد کم رس، مواد آلی و تبادل کاتیونی کم و درصد بالای شن باشد زیرا وجود درصد بالای شن باعث وجود درز و شکاف‌های بیشتر در خاک می‌شود، همچنین مواد آلی در خاک باعث کاهش مکان‌های جذب فلزات می‌شوند(۲۳). Kaschl و همکاران در سال ۲۰۰۲ گزارش نمودند که نشت فلزات در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک شنی و لومی در این دو نوع خاک متفاوت است، به‌طوری‌که در خاک لومی که حاوی درصد بالای رس و میزان مواد آلی، نسبت به خاک شنی است، نشت فلزات کمتر است که علت این امر را مکان‌های جذب بیشتر در خاک لومی گزارش کرده‌اند(۱۹). Smith گزارش کرد که میانگین غلظت سرب در نشتاب خاک شنی لومی بیشتر از خاک رسی لومی است. دلیل این افزایش نشت درصد کم مواد آلی و رس کمتر در خاک شنی لومی دانستند(۶). Wong و همکاران در سال ۲۰۰۷ نشان دادند که خاک رسی لومی و شنی لومی با توجه به اینکه میزان pH آنها یکی است (حالت قلیائی) ولی میزان نشت فلزات در خاک شنی لومی نسبت به رسی لومی بیشتر است، علت عدم جذب فلزات را درصد رس کمتر در خاک شنی لومی گزارش داده‌اند. از این‌رو گزارش نمودند که خصوصیات فیزیکی خاک (درصد رس وسیلت) نسبت به خصوصیات شیمیائی تاثیر بیشتری دارند(۲۴).

نشت کادمیوم: دلیل اینکه میزان کادمیوم در شیرابه خاک سیلت رسی لومی و شنی رسی لومی با کاربرد کمپوست فلزات بیشتر و فلزات کمتر نسبت به دو فلز دیگر صفر است می‌تواند به

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

دلیل درصد کم کادمیوم در کمپوست(جدول۱)، عدم تمایل پیوند قوی با مواد آلی محلول(TOM_S) و قدرت جذب زیاد این دو خاک باشد(۲۵). Jalali و همکاران در سال ۲۰۱۰ در اثر کاربرد لجن تصفیه‌خانه شهری مشاهده کردند که کادمیوم در نشتاب حاصل نسبت به سرب و نیکل زیر حد استاندارد WHO بوده است. علت آن را غلظت کم کادمیوم (mg/L ۵۰) نسبت به سرب ۴۰۰ mg/L و نیکل ۴۰۰ mg/L در لجن گزارش کردند(۲). Ashworth و همکارش انتقال ناچیز کادمیم از ستون‌های خاک آمیخته به لجن فاضلاب را در نتیجه ثابت پایداری کم پیوند کادمیم با مواد آلی گزارش کردند(۲۶). Overcash و همکارش نشان دادند که پایداری پیوند فلزات با مواد آلی محلول به ترتیب در فلزات سنگین کادمیم، روی، کبالت، سرب، نیکل، مس و جیوه افزایش می‌یابد(۲۷).

ارتباط بین pH با فلزات سنگین نشت یافته در شیرابه حاصل از ستون‌ها:

علت اینکه با کاهش pH میزان فلزات در نشتاب افزایش می یابد (شکل ۲)، می‌تواند به خاطر این باشد که در pH کم حلالیت فلزات افزایش می‌یابد علاوه بر این دلیل در اثر کاهش pH یون‌های H^+ تولید می‌گردد که این یون با مکان‌های جذب تبادل یون ناشی از رس رقابت می‌کنند که باعث می‌شود، فلزات در خاک جذب نشوند در نتیجه نشت می‌یابند(۲۸) Chen و همکاران در سال ۲۰۱۰ در اثر کاربرد کمپوست مواد زائد شهری بر روی خاک قرمز نتیجه گرفتند که پیک فلزات در نشتاب با حداقل میزان pH و حدکثر میزان EC مرتبط است(۱۸). Toribio و همکارش در سال ۲۰۰۶ در اثر کاربرد لجن تصفیه‌خانه نشان دادند که بیشترین میزان فلز در نشتاب با حداقل pH نشتاب و حداکثر میزان هدایت الکتریکی همزمان است(۲۸). این پژوهش با مطالعات ذکر شده همخوانی دارد.

میزان باقیمانده فلزات در لایه‌های خاک‌های مورد پژوهش:

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که به‌طور کلی غلظت تمام عناصر مورد مطالعه در هر سه خاک در لایه سطحی بیشتر و به‌تدریج در عمق‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد (شکل۳). به دلیل اینکه خود کمپوست به عنوان یک جاذب در جذب فلزات نقش دارد و فلزات با مواد آلی موجود در کمپوست تشکیل پیوند داده و تبدیل به ترکیبات نا محلول می‌گردند. از این‌رو حرکت فلزات به لایه‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد.

از بین سه نوع خاک مورد مطالعه بیشترین میزان نشت فلزات به لایه‌های پایین‌تر در خاک شنی لومی مشاهده شد، علت این امر به‌خاطر وجود درصد بالای شن و مواد آلی پایین در این خاک است. مطالعه‌ای که توسط Toribio و همکارش در سال ۲۰۰۵-۲۰۰۶ برروی تاثیر لجن فاضلاب بر روی خاک قلیائی و اسیدی انجام گرفت نشان داد که میزان باقیمانده فلزات در خاک‌های قلیائی نسبت به خاک‌های اسیدی بیشتر است(۲۸). Bhbhanynya در سال ۲۰۰۹ گزارش نمود که کاربرد لجن موجب تجمع فلزات سنگین در لایه سطحی خاک می‌شود، به گونه‌ای که حدود ۹۰٪ فلزات در لایه سطحی خاک (عمق cm ۱۵-۰) باقیمانده بودند. چون مواد آلی موجود در کمپوست باعث جلوگیری از نشت فلزات به لایه‌های پایین‌تر می‌گردند(۲۹). با توجه به اینکه میزان کمپوست مصرفی بر روی لایه سطحی هر سه خاک یکسان است ولی میزان فلزات باقیمانده یکسان نبوده و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که خاک هم به عنوان یک جاذب در نفوذ فلزات نقش دارد به گونه‌ای که خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل (میزان رس، مواد آلی، کربنات کلسیم و تبادل کاتیونی)از مهم‌ترین عوامل موثر هستند. نتایج مطالعه حاضر با نتایج حاصل از تحقیقات Mueller و همکاران (۱۹۹۸) (۳۰) ، Chang و همکاران(۱۹۸۴) (۳۱) و Bhbhanynya(۲۰۰۹) (۲۹) مشابه است.

نتیجه‌گیری

نشت و جذب فلزات سنگین از خاک در اثر مصرف کمپوست به بافت خاک به خصوصیاتی مانند گرادیان غلظت فلزات در کمپوست، کاهش pH در اثر مصرف کمپوست و عمق خاک بستگی دارد. بنابراین افزودن کمپوست حاوی فلزات به طور مکرر بر روی خاک‌ها باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی و خاک می‌گردد از این‌رو توصیه می‌گردد، در هنگام استفاده از کمپوست در زمین‌های کشاورزی بایستی به جنس خاک مورد استفاده و میزان فلزات موجود در کمپوست توجه کافی شود تا از آلودگی‌های احتمالی و صدمات جبران ناپذیر آن جلوگیری گردد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان تاثیر جنس و عمق خاک بر نشت و جذب فلزات سنگین (کروم، سرب و کادمیوم) ناشی از کمپوست تحت شرایط آبیاری در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ و کد ۱۴۰۷۳ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران اجرا شده است.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

منابع:

1. Lao J. Handbook for Soil Agricultural and Chemical Analysis. Beijing, China: Agriculture Press; 1988.
2. Jalali M, Arfania H. Leaching of heavy metals and nutrients from calcareous sandy-loam soil receiving municipal solid sewage sludge. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2010;173(3):407-16.
3. Ghiamati G, Astaraei A, Zaman I, Gholam R. Effect of urban soild waste compost and sulfur on sugar beet yield and soul chemlcal of properties. Iranian Journal of Field Crops Research. 2009;7(1):153-62.
4. Nabi Bidhendi GR, Daryabeigi Zand A. compost risk assessment in Iran and comparing to other world regions. Journal of Environmental Studies. 2005;31(38):31-50 (in Persian).
5. Doelsch E, Masion A, Moussard G, Chevassus-Rosset C, Wojciechowicz O. Impact of pig slurry and green waste compost application on heavy metal exchangeable fractions in tropical soils. Geoderma. 2010;155(3-4):390-400.
6. Smith SR. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge. Environment International. 2009;35(1):142-56.
7. Mohammad MJ, Athamneh BM. Changes in soil fertility and plant uptake of nutrients and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. Journal of Agronomy. 2004;3(3):229-36.
8. Shiralipour A, McConnell D, Smith WH. Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application. Biomass and Bioenergy. 1992;3(3-4):261-76.
9. McLaren R, Clucas L, Taylor M, Hendry T. Leaching of macronutrients and metals from undisturbed soils treated with metal-spiked sewage sludge. 2. Leaching of metals. Australian Journal of Soil Research. 2004;42(4):459-71.
10. Hosseinpour A, Haghnia G.H, Alizadeh A, Fotovat A. Transport of some elements to depth of a soil following irrigation with raw and treated municipal wastewaters under continuous and intermittent flood conditions. Journal of Soil & Water. 2008;22(2):118-32 (in Persian).
11. Egiarte G, Camps Arbestain M, Ruiz-Romera E, Pinto M. Study of the chemistry of an acid soil column and of the corresponding leachates after the addition of an anaerobic municipal sludge. Chemosphere. 2006;65(11):2456-67.
12. Achiba WB, Gabteni N, Lakhdar A, Laing GD, Verloo M, Jedidi N, et al. Effects of 5-year application of municipal solid waste compost on the distribution and mobility of heavy metals in a Tunisian calcareous soil. Journal of Agriculture, Ecosystems & Environment. 2009;130(3-4):156-63.
13. Narwal R, Singh B, Salbu B. Association of cadmium, zinc, copper, and nickel with components in naturally heavy metal-rich soils studied by parallel and sequential extractions. Journal of Communications in Soil Science & Plant Analysis. 1999;30(7-8):1209-30.
14. Chotpantarat S, Ong SK, Sutthirat C, Osathaphan K. Effect of pH on transport of Pb2+, Mn2+, Zn2+ and Ni2+ through lateritic soil: Column experiments and transport modeling. Journal of Environmental Sciences. 2011;23(4):640-8.
15. Kabala CS, Ram B. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. Journal of Environmental Quality. 2001;30(2):485-90.
16. Hseu ZY. Extractability and bioavailability of zinc over time in three tropical soils incubated with biosolids. Chemosphere. 2006;63(5):762-71.
17. Ortiz O, Alcaņiz J. Bioaccumulation of heavy metals in Dactylis glomerata L. growing in a calcareous soil amended with sewage sludge. Bioresource Technology. 2006;97(4):545-52.
18. Chen G, Zeng G, Du C, Huang D, Tang L, Wang L, et al. Transfer of heavy metals from compost to red soil and groundwater under simulated rainfall conditions. Journal of Hazardous Materials. 2010;181(1):211-16.
19. Kaschl A, Römheld V, Chen Y. The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. Science of the Total Environment. 2002;291(1-3):45-57.
20. Behera PK. Soil and Solid Waste Analysis. New Delhi: Dominnant Publishers and Distributors; 2006.
21. Courtney R, Mullen G. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology. 2008;99(8):2913-18
22. Foley B. Paper mill residuals and compost effects on soil carbon and physical properties. Journal of Environmental Quality. 2002;31(6):2086-95.
23. Ahlberg G, Gustafsson O, Wedel P. Leaching of metals from sewage sludge during one year and their relationship to particle size. Environmental Pollution.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

2006;144(2):545-53.
24. Wong J, Li K, Zhou L, Selvam A. The sorption of Cd and Zn by different soils in the presence of dissolved organic matter from sludge. Geoderma. 2007;137(3-4):310-17.
25. Madrid F, Lopez R, Cabrera F. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. Journal of Agriculture, Ecosystems & Environment. 2007;119(3-4):249-56.
26. Ashworth D, Alloway B. Soil mobility of sewage sludge-derived dissolved organic matter, copper, nickel and zinc. Environmental Pollution.2004;127(1):137-44.
27. Overcash MR, Pal D. Design of Land Treatment Systems for Industrial Wastes: Theory and Practice. Mishigan: Ann Arbor Science Publishers; 1980.
28. Toribio M, Romanya J. Leaching of heavy metals (Cu, Ni and Zn) and organic matter after sewage sludge application to Mediterranean forest soils. Science of the Total Environment. 2006;363(1-3):11-21.
29. Bhbhanynya A. Effects of sewage sludge and effluent plant treatment in the Varamin plain on the concentration of heavy metals in soil, agricultural products and groundwater and mathematical modeling of the movement of heavy metals in soil [dissertation]. Tehran: Islamic Azad University; 2009 (in Persian).
30) Mueller WEG, Batel R, Lacorn M, Steinhart H, Simat T, Lauenroth S, et al. Accumulation of cadmium and zinc in the marine sponge Suberites domuncula and its potential consequences on single-strand breaks and on expression of heat-shock protein: a natural field study. Marine Ecology Progress Series. 1998;167:127-35.
31. Chang A, Warneke J, Page A, Lund L. Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils. Journal of Environmental Quality. 1984;13(1):87-90.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]

Survey of the effects of soil type on the leaching and adsorption of heavy metals (chromium, lead and cadmium) after compost application on the soils

A. Joneidi Jafari[1], *A. Rastegar[2], M. Farzadkia[1], R. Rezaee Kalantary[1], Z. Rezaee Gozalabad[2]

[1] Department of Environmental Health, School of public health, Iran university of Medical Sciences, Tehran-Iran.
[2] Department of Environmental Health, Sabzevar university of Medical Sciences, Sazevar-Iran.

6 June 2012 5 September 2012

Abstract

Background and Objective: Application of compost containing heavy metals can increase the concentration of metals in soil and groundwater. Therefore,the aim of this study was to investigate leaching lead, chromium,and cadmium from three soils (a sandy loam, a sandy clay loam and silt clay loam) amended with compost from the municipal solid waste.

Material and Method: First, the selected soils were repacked into columns (with an inner diameter of 100mm and a height of 600mm). Treatments included(a) low metal content compost (LMCC), (b) enriched metal content compost (EMCC) and (c) control. Then soil columns were incubated at room temperature for 9 days and were irrigated daily with deionized water to make a total of a 250 mm. Leachates were collected and analyzed for pH, EC, Pb, Cr, and Cd concentration.

Results: It was found that the application ofEMCCwas significant ($p \leq 0/05$) on reducing pH, increasing electrical conductivity and leakage of metalscompared withcontrolin all three soils. But application of LMCC was not significant ($p \geq 0/05$) on the metals leaching compared withcontrolin all three soils. The overall quantities of metals leached followed the sandy loam> sandy clay loam> silt clay loam.

Conclusion: The concentration of metals in the leachates depended on the soil characteristics and on the type of compost added to the soil. Therefore,application of enriched metal content compost on the soils containinga high percentage ofsandmay pose a risk in terms of groundwater contamination with heavy metals.

Keywords: soil, compost, heavy metal

*Corresponding Author:*rastegar.89@gmail.com*
Tel:-------***Fax***: --------

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-04-10]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1392.6.4.10.2]