

## بررسی تأثیر کمپوست مواد زائد شهری بر میزان نشت و جذب فلزات سنگین از خاک شنی رسی لومی

ایوب رستگار<sup>۱</sup>، احمد جنیدی جعفری<sup>۲</sup>، مهدی فرزاد کیا<sup>۳</sup>، روشنگ رضائی کلاتری<sup>۴</sup>، احمد اله آبادی<sup>۵</sup>،  
عبدالمجید قلی زاده<sup>۶</sup>

<sup>۱</sup> عضو هیأت علمی گروه بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

<sup>۵</sup> دانشجوی دوره دکتری مهندسی بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس، عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران

<sup>۶</sup> عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، ایران

نشانی نویسنده مسؤول: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده پزشکی، گروه بهداشت محیط و حرفه‌ای، دکتر احمد جنیدی جعفری

Email: ahmad\_jonidi@yahoo.com

وصول: ۹۱/۱/۱۹، اصلاح: ۹۱/۲/۲۹، پذیرش: ۹۱/۳/۳۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** نشت فلزات سنگین از کمپوست منجر به انباشته شدن عناصر در لایه‌های خاک و در نتیجه آلوده شدن آب‌های زیرزمینی می‌گردد. لذا هدف این مطالعه، بررسی تأثیر کمپوست بر میزان نشت فلزات سنگین، سدیم، پتاسیم و سولفات از خاک می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این تحقیق تجربی - کاربردی، سه ستون پلی‌اتیلن (ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و قطر داخلی ۱۰ سانتی‌متر) پر از خاک شنی رسی لومی که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بود، پر گردید. سپس میزان ۱۰ کیلوگرم بر مترمربع کمپوست بر روی ستون‌ها پاشیده شد و روزانه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر روی هر ستون پاشیده می‌شد، شیرابه حاصل از ستون روزانه از نظر pH، هدایت الکتریکی، سولفات، سدیم، پتاسیم، سرب، کروم و کادمیوم مورد آنالیز قرار گرفت، تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزارهای Excel، SPSS و آزمون کروس کال والیس انجام شد.

**یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که کاربرد کمپوست غنی‌نشده و غنی‌شده سبب کاهش pH شیرابه (از  $7.43 \pm 0.17$  به  $6.77 \pm 0.25$  و  $7.07 \pm 0.11$ ) و افزایش هدایت الکتریکی (از  $1/8 \pm 0/3$  میلی‌زیمنس بر مترنسبت به شاهد گردید. میزان نشت فلزات در تیمار غنی‌نشده نسبت به شاهد معنادار نبود ( $p > 0/78$ )، ولی میزان نشت هر سه فلز با کاربرد کمپوست غنی‌شده نسبت به شاهد معنادار بود ( $p \leq 0/001$ ).

**نتیجه‌گیری:** کاربرد کمپوست حاوی فلزات بیشتر بر روی خاک شنی رسی لومی سبب افزایش نشت فلزات از خاک می‌شود. لذا افزودن کمپوست به‌طور مکرر باعث می‌گردد که کیفیت آب‌های زیرزمینی به خطر بیفتد. (مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دوره ۱۹/ شماره ۳/ صص ۲۸۶-۲۷۷).

واژه‌های کلیدی: کمپوست، فلزات سنگین، خاک

## مقدمه

مضمون اثر کاربرد جامدات بیولوژیکی بر روی خاک گزارش نمودند که افزودن لجن به خاک باعث کاهش pH می‌شود. این کاهش سبب افزایش حلالیت عناصر فلزی و در نتیجه انتقال آنها به آب‌های زیرزمینی می‌گردد (۱۵). چن و همکاران در سال ۲۰۱۰ نتیجه گرفتند، که در اثر کاربرد کمپوست مواد زاید شهری در خاک قرمز، مقداری از فلزات مس و روی از خاک نشت یافتند، به طوری که از کل مس و روی موجود در کمپوست کم‌تر از ۴ درصد مس و بیش از ۵۸/۳ درصد روی نشت یافت (۱۶). می‌توان علت نشت فلزات از کمپوست را پیوند فلزات با مواد آلی محلول گزارش نمود (۱۷). افزودن کمپوست به خاک میزان هدایت الکتریکی خاک را تا حدودی افزایش می‌دهد (۱۰) و ارتباط مستقیمی بین هدایت الکتریکی و فلزات سنگین در شیرابه نشت یافته از خاک دریافت‌کننده کمپوست وجود دارد (۱۶).

با توجه به این‌که در چند سال اخیر استفاده از کمپوست در زمین‌های کشاورزی افزایش یافته و این روند هم ادامه دارد و به دلیل این‌که تحقیقاتی در مورد تأثیر کمپوست بر خاک و تهدید سلامتی بشر از طریق نشت آلایندها به آب‌های زیرزمینی در ایران انجام نشده بود، مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان نشت فلزات سنگین (کادمیوم، کروم و سرب) و مواد مغذی‌ها (سولفات، سدیم و پتاسیم) از کمپوست آمیخته شده به لایه سطحی خاک در یک ستون پر از خاک انجام شد.

## مواد و روش‌ها

**خاک مورد مطالعه:** خاک مورد مطالعه در این پژوهش تجربی - کاربردی از زمین‌های کشاورزی جنوب تهران تهیه شد. بدین صورت که ابتدا لایه سطحی خاک جهت حذف خار و خاشاک کنار زده شد، سپس تا عمق ۳۰ سانتی‌متری کنده و خاک آن برداشت کرده و در هوای آزاد خشک نمود. جهت حذف مواد درشت، ریشه‌های گیاهی و ایجاد یکنواختی در ذرات، خاک از

در سال‌های اخیر استفاده از کودهای آلی نظیر کمپوست به دلیل ارزان بودن و وجود مواد آلی و مواد مغذی در آن برای خاک‌های حاوی مواد آلی کم، رواج یافته است (۱). کمپوست باعث افزایش بازدهی محصول، کنترل فرسایش خاک، کاهش تراکم خاک، افزایش تبادل کاتیونی خاک، افزایش تخلخل خاک و تأثیر بر اسیدیته خاک می‌گردد (۲). به دلیل وجود رنگ‌ها، باتری‌ها، وسایل الکترونیکی، وسایل آرایشی، باقی‌مانده مواد دارویی در زباله شهری معمولاً کودهای کمپوست حاوی فلزات سنگینی می‌باشند (۳،۴). متداول‌ترین این فلزات شامل کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب بوده که غلظت‌شان از چند میکروگرم تا چند میلی‌گرم در هر کیلوگرم کمپوست متغیر است (۵). از این‌رو کاربرد آن در خاک سبب انباشته شدن فلزات سنگین و مواد مغذی شده که باعث از بین رفتن بافت خاک و در نهایت نشت به آب‌های زیرزمینی می‌شود (۶،۷). نشت مواد مغذی از کمپوست سبب ایجاد طعم ناخوشایند در آب‌های زیرزمینی شده، همچنین نمایانگر وجود عناصر فلزی در لیچینگ (شیرابه نشت یافته) می‌باشد (۸). خطراتی که این عناصر برای آب‌های زیرزمینی و اکوسیستم ایجاد می‌کند به قابلیت زیستی و حرکت این عناصر از میان لایه‌های خاک بستگی دارد (۹)؛ به طوری که جذب یا واجذب آنها در خاک تحت تأثیر عواملی مختلفی از قبیل pH، پتانسیل اکسیداسیون، نوع کیفیت خاک، غلظت و نوع یون رقابت‌کننده برای جذب، حضور لیگاندهای آلی یا معدنی، محتوای ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، اکسیداسیون- احیا، کانی‌های رسی، کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن- منگنز، قدرت یونی، جنس خاک، جذب سطحی ویژه، اندازه ذرات خاک و ویژگی‌ها گیاه تغییر می‌کند (۱۰-۱۳). علاوه بر این پارامتر تبادل یون بین ذرات خاک و فلزات سنگین منجر به تغییرات pH می‌شود که بر تحرک فلزات مؤثر است (۱۴). اورتیز و همکارانش در مطالعه تحت

الک ۱۰ میلی‌متری عبور داده شده و بافت خاک به روش پی‌پت (pipette) تعیین گردید (۱۸). خصوصیات این خاک در جدول (۱) ارائه شده است.

**آماده‌سازی کمپوست:** کمپوست مورد استفاده برای این تحقیق از کارخانه کمپوست کهریزک خریداری شد. ابتدا کمپوست را جهت تعیین میزان غلظت فلزات سنگین موجود در آن طبق روش ارائه شده توسط انجمن سلامت عمومی آمریکا (۵) با تیزاب سلطانی (نسبت ۳ اسید کلریدریک غلیظ به ۱ از اسید نیتریک غلیظ) هضم نموده، محلول هضم شده جهت تعیین غلظت فلزات با دستگاه جذب اتمیک قرائت گردید (۱۹). متعاقباً جهت افزایش فلزات سنگین در کمپوست (غنی‌سازی کمپوست) ابتدا محلول حاوی فلزات سنگین با استفاده از نمک‌های نترات سرب، نترات کادمیوم و دی‌کرومات پتاسیم (میزان ۳۰۰ میلی‌گرم سرب، ۱۵۰ میلی‌گرم کروم و ۴۰ میلی‌گرم کادمیوم در اسید نیتریک امولار) آماده شد. سپس یک کیلوگرم از کمپوست را به مدت ۲۴ ساعت در این محلول خوبانده تا فلزات جذب کمپوست شوند.

**آزمایشات نشت:** برای مطالعات نشت از ۳ ستون پلی‌اتیلن با قطر داخلی ۱۰۰ میلی‌متری و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری که توسط پایه فلزی عمود شده بود، استفاده شد. بخش انتهایی ستون‌ها با تبدیل پلی‌اتیلنی ۱۱ به ۶ سانتی‌متری کوچک شد. بر روی تبدیل یک بشقاب پلاستیکی دارای روزنه‌های یک میلی‌متری نصب و برای جلوگیری از خروج ذرات ریز خاک، یک صافی کاغذی ۰/۴۵ میکرونی روی آن قرار داده شد. پر شدن ستون‌ها با خاک طی مراحل زیر صورت گرفت: ابتدا ذرات شن درشت جهت زهکشی بهتر تا ارتفاع ۵ سانتی‌متری ریخته شد. سپس با توجه به جرم مخصوص ظاهری خاک ( $1/52 \text{ g/cm}^3$ ) و حجم ستون، مقدار خاک لازم جهت پر نمودن ستون تا ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری تعیین گردید. متعاقباً خاک به صورت تدریجی طی چندین مرحله بدون عملیات فشردگی خاصی اضافه گردید. فضای فوقانی

ستون‌ها جهت افزودن آب به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر خالی گذاشته شد. سپس ۷۰ گرم کمپوست (معادل ۱۰۰ تن در هکتار) بر روی لایه سطحی ستون با مساحت  $78/5 \text{ cm}^2$  اضافه گردید. تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل: ۱- تیمار کمپوست غنی‌نشده ۲- تیمار کمپوست غنی‌شده ۳- شاهد (بدون کاربرد کمپوست) بودند. جهت آزمایشات نشت، روی هر ستون روزانه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر با  $\text{pH}=6/5$  با اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم ۱ مولار تنظیم شد) به مدت یک دوره ۹ روزه پاشیده شد. کل آب مصرفی برای هر ستون طی آزمایش ۲۲۵۰ میلی‌لیتر بود. نشتاب حاصل از ستون در ظروف پلاستیکی جمع‌آوری و پارامترهای  $\text{pH}$ ،  $\text{EC}$  (Electrical Conductivity)، سولفات، پتاسیم، سدیم، سرب، کادمیوم و کروم موجود در آن مورد آنالیز قرار گرفت. به این ترتیب که  $\text{pH}$  و  $\text{EC}$  در شیرابه به‌طور مستقیم توسط یک  $\text{pH}$  متر مدل Hack HQ 40d قرائت شد. سولفات زه‌آب طبق روش توربیدیمتری و مقادیر سدیم و پتاسیم با روش فلیم‌فتومتر سنجش شدند (۱۹). غلظت هر ۳ فلز سرب، کادمیوم و کروم در زه‌آب به‌طور مستقیم به‌وسیله دستگاه جذب اتمیک مجهز به کوره گرافیتی با مدل Perkin Elmer Analyst 2000 تعیین گردیدند. آزمایشات با ۳ بار تکرار انجام شده و میانگین به عنوان معیار انتخاب شد. در پایان نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند، به طوری که میانگین غلظت خروجی تیمارهای مختلف با آزمون کروسکال والیس با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند.

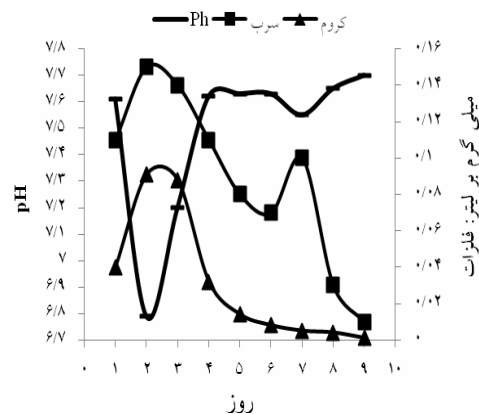
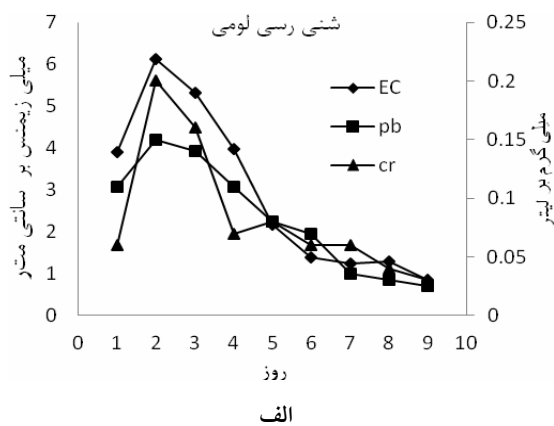
## یافته‌ها

**تأثیر کمپوست بر  $\text{pH}$  و  $\text{EC}$  شیرابه:** نمودار (۱) روند تغییرات  $\text{pH}$  نشتاب را در خاک شنی رسی لومی که یک حالت قلیایی ( $8/41$ ) داشت، در هر ۳ تیمار نشان می‌دهد. افزودن کمپوست به خاک سبب کاهش  $\text{pH}$

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کمپوست

پارامترها	واحد اندازه‌گیری	خاک	کمپوست غنی نشده	کمپوست غنی شده
pH	.....	۸/۴۱	۷/۴۹	۷/۴۱
EC (نسبت ۱:۲)	dS/m	۱/۸	۶/۹	۸/۴۷
ماده آلی (OM)	%	۰/۸	۱۳/۷	۳۶/۸
شن	%	۶۱/۷	.....	.....
رس	%	۳۳	.....	.....
سیلت	%	۵/۳	.....	.....
بافت خاک	.....	رسی لومی	.....	.....
سرب	mg/kg	۱۴	۱۸۷	۴۸۷
کروم	mg/kg	۳/۶	۹۸	۲۵۸
کادمیوم	mg/kg	۰/۰۰	۵	۴۵

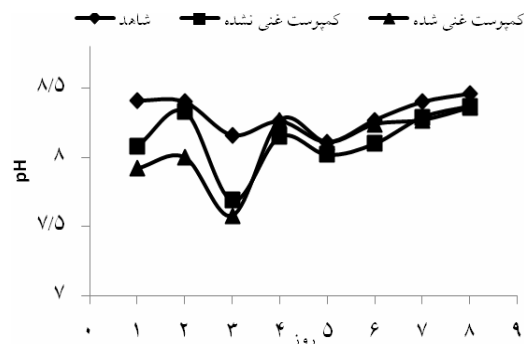
مغذی‌ها (سدیم، پتاسیم و سولفات) را افزایش داد. میانگین افزایش سولفات در اثر کاربرد کمپوست غنی نشده و غنی شده (به ترتیب  $288 \pm 28$  و  $293 \pm 15$  میلی‌گرم بر لیتر) نسبت به شاهد ( $182 \pm 8$ ) معنادار بود ( $p < 0/05$ ). هم‌چنین کاربرد کمپوست سبب افزایش پتاسیم نسبت به شاهد شد، به طوری که این میزان افزایش در اثر کاربرد کمپوست نسبت به شاهد معنادار بود ( $p < 0/05$ ). به گونه‌ای که میانگین میزان پتاسیم و سدیم در تیمار شاهد  $7/77 \pm 1/5$  و  $14/25 \pm 3/5$  میلی‌گرم بر لیتر کمپوست غنی - نشده  $3/4 \pm 0/5$  و  $32 \pm 6/5$  میلی‌گرم بر لیتر، غنی شده  $17/44 \pm 0/5$  میلی‌گرم بر لیتر بود.



نمودار ۲: ارتباط هدایت الکتریکی و pH شیرابه با فلزات نشت یافته از ستون خاک در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک در یک دوره ۹ روزه

الف: هدایت الکتریکی ب: pH

شیرابه گردید، به گونه‌ای که میانگین pH در نشتاب کنترل بعد از کاربرد کمپوست غنی نشده  $7/43 \pm 0/17$  و تیمار غنی شده  $7/07 \pm 0/11$  بود. این میزان کاهش pH در اثر کاربرد کمپوست غنی نشده و غنی شده نسبت به شاهد معنادار بود ( $p < 0/034$ ).



نمودار ۱: روند تغییرات pH نشتاب بعد از کاربرد کمپوست در یک دوره ۹ روزه

کاربرد کمپوست بر روی خاک میزان هدایت الکتریکی نشتاب را نسبت به شاهد افزایش داد. میانگین افزایش هدایت الکتریکی در نشتاب کنترل  $1/8 \pm 0/3$  میلی زیمنس بر متر در کمپوست غنی نشده  $3/7 \pm 0/12$  میلی زیمنس بر متر و تیمار غنی نشده  $12/87 \pm 0/41$  و این میزان اختلاف بین ۳ گروه در مورد افزایش EC معنادار بود ( $p < 0/05$ ).

تأثیر کمپوست بر کاتیون‌ها و آنیون‌ها در نشت - یافته: مصرف کمپوست بر روی خاک میزان نشت مواد

## ارتباط pH و هدایت الکتریکی با فلزات سنگین

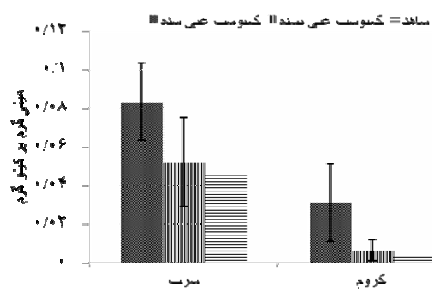
**نشت یافته:** نمودار (۲): ارتباط pH و EC با فلزات سنگین نشت یافته را نشان می‌دهد. این نمودار بیانگر این است که نشت فلزات سنگین از خاک با میزان هدایت الکتریکی ارتباط مستقیم و با pH رابطه عکس داشت.

## میزان نشت و جذب فلزات سنگین (سرب،

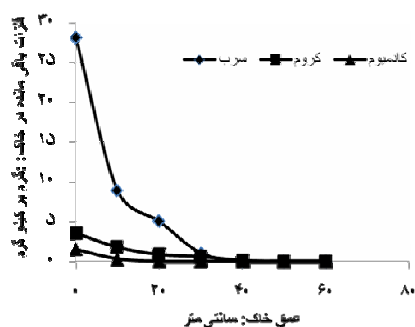
کروم و کادمیوم) از خاک: نمودار (۳): الف) میانگین فلزات سنگین (کروم و سرب) نشت یافته از ستون خاک در اثر کاربرد هر سه تیمار (شاهد، کمپوست غنی نشده و غنی شده) را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست غنی نشده تأثیری بر نشت فلزات (کروم، کادمیوم و سرب) نسبت به شاهد نداشت و این میزان معنادار نبود ( $p > 0.23$ ). ولی کاربرد کمپوست غنی شده نسبت به شاهد سبب افزایش نشت فلزات (کروم و سرب) از خاک گردید. به گونه‌ای که این میزان افزایش معنادار بود ( $p \leq 0.05$ ). اما در اثر کاربرد کمپوست غنی شده میزان کادمیومی در شیرابه مشاهده نشد. هم‌چنین نتایج بیانگر این است که خاک از قبل به فلز سرب و تا حدود بسیار کمی به کروم آلوده بود.

میانگین سرب نشت یافته از تیمار شاهد  $46 \pm 3/3$  میکروگرم بر لیتر و میانگین کروم خروجی از تیمار شاهد  $3 \pm 0/5$  میکروگرم بر لیتر است. میانگین سرب و کروم نشت یافته از تیمار کمپوست غنی نشده  $52 \pm 5$  و  $6 \pm 1/5$  میکروگرم بر لیتر و در اثر کاربرد تیمار کمپوست غنی شده  $83 \pm 6$  و  $31 \pm 4$  میکروگرم بر لیتر بود.

نمودار (۳ ب) میزان فلزات باقی مانده در لایه‌های خاک را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت هر ۳ فلز مورد مطالعه در لایه‌های سطحی خاک بود و به تدریج در عمق‌های پایین‌تر کاهش یافت. نتایج هم‌چنین نشان داد که عمق نفوذ هر سه فلز در خاک یکسان نبود به طوری که حدود ۹۰-۷۰ درصد فلزات در لایه سطحی خاک حاوی کمپوست مشاهده شد.



الف



ب

نمودار ۳: میانگین فلزات سنگین نشت یافته و میزان باقی مانده آنها در خاک در اثر کاربرد کمپوست در طی یک دوره ۹ روزه. الف: میانگین نشت فلزات ب: میزان باقی مانده فلزات

## بحث

## تأثیر کمپوست بر pH و EC نشتاب: یکی از

شاخص‌های کیفیت و حاصلخیزی خاک می‌باشد و در کنترل جذب، حرکت و قابلیت دسترسی عناصر فلزی محلول در خاک نقش دارد (۲۰). علت کاهش pH شیرابه نشت یافته از ستون در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک (نمودار ۱) به دلیل وجود اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم در کمپوست، آزاد شدن گاز دی‌اکسید کربن به علت تجزیه مواد آلی موجود در کمپوست هم‌چنین واکنش‌های تبادل یون بین فلزات سنگین موجود در کمپوست با پروتون‌های موجود در ترکیبات آلی- غیر آلی خاک می‌باشد. خوشگفتار منش، علت کاهش pH در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک حضور اسیدهای آلی و معدنی از قبیل اسید لاکتیک، اسید استیک و اسیدهای آمینه در کمپوست گزارش نمود (۲۱). توریو و آشورث علت کاهش pH در اثر کاربرد لجن شهری بر روی خاک‌های

رسی لومی و شنی لومی، خروج  $H^+$  از لجن شهری دانستند (۲۲،۲۳). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مطالعات ذکر شده از نظر تأثیر کمپوست مواد زائد شهری بر کاهش pH نشتاب همخوانی دارند.

علت افزایش هدایت الکتریکی در اثر مصرف کمپوست به دلیل وجود مواد مغذی چون سدیم، پتاسیم و سولفات در کمپوست می‌باشد که در اثر افزودن کمپوست به خاک، از لایه‌های خاک نشت یافته‌اند و وارد شیرابه شده‌اند، که این میزان افزایش در اثر افزودن کمپوست غنی‌شده و کمپوست غنی‌نشده نسبت به شاهد معنادار بود. دلیل اصلی آن میزان بالای فلزات در کمپوست غنی شده (جدول ۱) می‌باشد. از عوامل مؤثر دیگر بر افزایش EC فرآیندهایی از قبیل تبادل یون بین محلول و یون‌های وجود در خاک و کمپوست می‌باشد. کاسچل در سال ۲۰۰۲ گزارش نمود که با افزودن کمپوست مواد زائد شهری بر روی خاک آهکی میزان هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد به گونه‌ای که این میزان افزایش در نشتاب حاصل از کمپوستی که حاوی فلزات بیشتری نسبت به حاوی فلزات کم‌تری بود، افزایش نشان داد (۱۷). هم‌چنین در مطالعه دیگری که توسط کورتنی (۲۰۰۸) تأثیر در زمینه تأثیر لجن بر EC شیرابه انجام شد، نتایج مطالعه نشان داد که دلیل افزایش هدایت الکتریکی نشتاب به‌خاطر وجود عناصر فلزی و یون‌های چون سدیم، پتاسیم در کمپوست می‌باشد (۲۴). نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات انجام شده در زمینه مصرف کمپوست و حضور فلزات سنگین در نشتاب باعث افزایش هدایت الکتریکی می‌شود همخوانی دارد.

**تأثیر کمپوست بر غلظت سولفات، پتاسیم و سدیم نشت یافته:** گرچه یون‌های مثل پتاسیم، سدیم و سولفات به‌طور مستقیم تهدیدی برای سلامتی افراد و یا محیط زیست نمی‌باشند، ولی چنانچه غلظتشان در آب افزایش یابند سبب ایجاد طعم آب می‌گردند. کاتیون‌های موجود در محلول خاک در اثر رقابت بر سر جایگاه‌های

جذب، تحرک فلزات سنگین را تغییر می‌دهند، در نتیجه سبب افزایش نشت فلزات از خاک می‌شود. هم‌چنین آنیون‌های غیر آلی موجود در محلول خاک با تشکیل پیوند با فلزات سنگین جذب آنها در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند، که آبشویی آنها از خاک می‌تواند نشان‌دهنده خروج عناصر فلزی از خاک باشد (۷،۸). هم‌چنین با توجه به نقش مثبت کاتیون‌های موجود در خاک، این کاتیون‌ها می‌توانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نیز تحت تأثیر قرار دهند.

علت حضور بالای کاتیون‌ها (پتاسیم و سدیم) و آنیون (سولفات) در شیرابه تیمار شاهد نسبت به تیمار دریافت‌کننده کمپوست به دلیل وجود این یون‌ها در کمپوست می‌باشد. از این بین آنیون نسبت به کاتیون‌ها بیشتر در آب نشت یافته از ستون خاک مشاهده شد؛ که می‌تواند به دلیل میزان بالای این ماده در کمپوست باشد. از عوامل مؤثر دیگر می‌تواند به این دلیل باشد که نقش آنیون در از بین هر دو کاتیون (سدیم و پتاسیم) مورد بررسی میزان سدیم نسبت به پتاسیم در شیرابه بیشتر بود. درصد کم انتقال پتاسیم نسبت به سدیم قابل توجه است؛ زیرا میزان پتاسیم در خود کمپوست نسبت به سدیم کم‌تر است. جلالی و همکارانش نشان دادند که مصرف لجن تصفیه‌خانه بر روی خاک، میزان مواد مغذی (سدیم و پتاسیم) را در شیرابه افزایش می‌دهد (۲۵). کولاچی در سال ۲۰۰۳ گزارش کرد که در اثر کاربرد ۱۹۶ میلی‌لیتر آب مقطر، ۹ درصد از کل پتاسیم موجود در لجن (۴۸ کیلوگرم بر هکتار) از ستون خاک نشت یافت (۲۶).

**میزان نشت و جذب فلزات سنگین (سرب، کروم و کادمیوم) از خاک:** عامل اصلی عدم حرکت کادمیوم از ستون خاک، میزان کم آن در کمپوست (جدول ۱) و قدرت جذب زیاد خاک می‌تواند باشد. علاوه بر این،

عامل دیگری که می‌تواند در این خصوص مؤثر باشد این است که پیوندی که کادمیوم با مواد آلی محلول تشکیل

می‌دهد، پایداری پیوند کم بوده و کادمیوم انتقال نیافته است (۱۷,۸). آشورث و آلوم انتقال ناچیز کادمیوم از خاک آمیخته به لجن فاضلاب را در نتیجه ثبات و پایداری کم کادمیوم با مواد آلی دانستند (۲۲).

علت نشت فلزات سرب و کروم در اثر کاربرد کمپوست بر روی خاک کاهش pH، تشکیل پیوند قوی فلزات با مواد آلی محلول و وجود غلظت بالای فلزات (کروم و سرب) در کمپوست می‌باشد. زیرا pH کم سبب حلالیت فلزات می‌شود (۲۷)، هم‌چنین در اثر کاهش pH یون‌های H<sup>+</sup> تولید می‌شود که این یون‌ها با مکان‌های جذب تبادل یون ناشی از رس رقابت می‌کنند که باعث می‌شود فلزات در خاک جذب نشده و در نتیجه نشت یابند (۲۸). رابستون در سال ۱۹۸۲ علت حرکت‌پذیری بالای فلزات سنگین در خاک را کاهش pH در اثر کاربرد لجن شهری گزارش نمود (۲۸). کاسچل و همکارانش، افزایش حرکت‌پذیری فلزات سنگین در خاک‌های با pH قلیایی را به علت پیوند آنها با مواد آلی محلول گزارش کردند (۱۷). جلالی و همکاران در اثر کاربرد لجن شهری بر روی خاک شنی لومی در سال ۲۰۱۰ یافتند که غلظت فلزات در نشتاب ستون لجن غنی شده (EMSS) بیشتر از لجن غنی نشده (MSS) بود (۲۵). چن و همکاران در سال ۲۰۰۳ در اثر کاربرد لجن تصفیه‌خانه شهری بر روی خاک شنی لومی در یک مطالعه ستونی گزارش نمودند که کربن آلی محلول و pH دو عامل مؤثر بر حرکت‌پذیری فلزات هستند. آنها پیشنهاد نمودند که در اثر فرآیند معدنی‌سازی کربن آلی، اسیدهای آلی و معدنی تولید شوند. از این رو حرکت اسیدهای آلی سبب حرکت عناصری مثل فسفر و مس می‌گردد (۲۹). علت این‌که درصد کمی از فلزات نشت یافتند می‌تواند به دلیل وجود رس‌های موجود و مواد آلی در خاک باشد. هم‌چنین خود کمپوست هم به‌عنوان یک جاذب در جذب فلزات نقش دارد (۳۰).

فلزات در لایه سطحی خاک بیشتر بود (نمودار ۳

ب). دلیل این امر به سبب تشکیل پیوند فلزات با مواد آلی موجود در کمپوست و تبدیل آنها به ترکیبات غیر محلول می‌باشد. بنابراین، حرکت فلزات به لایه‌های پایین‌تر کاهش می‌یابد. چانگ و پچ در سال ۱۹۹۹ در اثر کاربرد کمپوست لجن شهری بر خاک گزارش نمودند، که کاربرد لجن موجب تجمع فلزات سنگین در لایه سطحی شده، به‌طوری که حدود ۹۰ درصد فلزات در لایه سطحی خاک (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری) باقی‌مانده بود (۳۱). مادرید و همکارانش علت عدم نشت سرب از خاک را جذب سرب توسط کمپوست مواد زاید (هوموس جامد) اضافه شده به خاک دانستند (۲۷).

در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از کمپوست سبب کاهش pH، افزایش EC نشتاب و باعث نشت فلزات سنگین، کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌شود. میزان فلزات در نشتاب بیشتر از حد استاندارد WHO است: بنابراین، مصرف سالیانه کمپوست سبب انباشته شدن فلزات در لایه سطحی و در نهایت مصرف توسط گیاه می‌شود و یا این‌که به لایه‌های پایین‌تر در اثر وجود درز و شکاف‌های موجود در خاک نشت می‌یابند؛ که باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. از این رو توصیه می‌گردد دقت ویژه‌ای در استفاده از کمپوست مبذول گردد. تا بتوان در حد امکان هم از فواید استفاده از کمپوست بهره برد و هم خطرات زیستی محیطی ناشی از مصرف کمپوست به‌ویژه برای گیاهان و آب زیرزمینی را کاهش داد. از نتایج این تحقیق می‌توان در مدیریت مصرف کمپوست بر روی زمین‌های کشاورزی استفاده کرد، تا این‌که در اثر مصرف کمپوست کیفیت آب‌های زیرزمینی به خطر نیفتد.

توصیه می‌شود برای کاربرد کمپوست در زمین‌های محدودیتی بر اساس میزان عناصر (فلزات سنگین) موجود در کمپوست و میزان بارش مناطق و نوع خاک برقرار شود. این امر نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر مدیریتی و استاندارد دارد.

باید برای استفاده از کود کمپوست مدیریت

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 معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. از معاونت محترم پژوهش دانشگاه و مسئولین آزمایشگاه دانشکده بهداشت برای در اختیار قرار دادن بودجه و امکانات لازم برای انجام پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

صحیح به کار گرفته شود. استانداردهای متعددی در این زمینه تدوین شده که می‌توان با اجرا و نظارت بر آنها مدیریت صحیح استفاده از کمپوست را اعمال کرد. همچنین آنالیزهای مربوط به حضور فلزات در کمپوست باید در کارخانه‌های کمپوست صورت بگیرد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه و طرح تحقیقاتی با عنوان تأثیر جنس و عمق خاک بر نشت و

## References

- Ghiamati G, Astarai A, Zamani G. Effect of urban solid waste compost and sulfur on sugar and beet yield and soil chemical of properties. *J field crops res.* 2009;7(1):153-62. (Persian)
- Nabi Bidhendi G, Zand A. compost risk assessment in Iran and comparing to other world regions. *J Env Studies.* 2005;31(38):31-50. (Persian)
- Doelsch E, Mason 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.
- Smith SR. A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge *Environ Int.* 2009;35(1):142-56.
- Cai QY, Mo CH, Wu QT, Zeng QY, Katsoyiannis A. Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. *J Hazard Mater.* 2007;147(3):1063-72. 6.
- Shiralipour A, McConnell DB, Smith WH. Physical and chemical properties of soils as affected by municipal solid waste compost application *Biomass Bioenergy.* 1992;3(3-4):261-6.
- 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. *J Soil Res.* 2004;42(4):459-71.
- Hosseinpour A, Haghnia G.H, Alizadeh A., Fotovat A. Changes in chemical quality of percolating raw and treated municipal wastewaters through soil columns. *J water Soil.* 2009; 23(3): 45-56. (Persian)
- Egiarte G, Camps Arbostain 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.
- 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. *J Agric Ecosyst Environ.* 2009;130(3-4):156-63.
- Narwal R, Singh B, Salbu B. Association of cadmium, zinc, copper, and nickel with components in naturally heavy metal<sup>7</sup> rich soils studied by parallel and sequential extractions. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 1999;30(7-8):1209-30.
- Chotpantarat S, Ong SK, Sutthirat C, Osathaphan K. Effect of pH on transport of Pb<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> through lateritic soil: Column experiments and transport modeling. *J Environ Sci.* 2011;23(4):640-8.
- Kabala C, Singh BR. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in the vicinity of a copper smelter. *J Environ Qual.* 2001;30(2):485-92.
- Hseu ZY. Extractability and bioavailability of zinc over time in three tropical soils incubated with biosolids. *Chemosphere.* 2006;63(5):762-71.



15. Ortiz O, Alcañiz J. Bioaccumulation of heavy metals in *Dactylis glomerata* L. growing in a calcareous soil amended with sewage sludge. *Bioresour Technol.* 2006; 97(4):545-52.
16. 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 *J Hazard Mater.* 2010;181(1-3):211-6.
17. Kaschl A, Römheld V, Chen Y. The influence of soluble organic matter from municipal solid waste compost on trace metal leaching in calcareous soils. *Sci Total Environ.* 2002;291(1-3):45-57.
18. Klute A, Campbell GS. *Methods of soil analysis. Part 1, Physical and mineralogical methods.* 2<sup>nd</sup> ed. Madison : Soil Science Society of America, 1986.
19. Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW, Greenberg AE, Franson MAH (editors). 21 st ed. *Standard methods for the examination of water & wastewater.* Washington: American Public Health Association; 2005.
20. Quina MJ, Bordado J, Quinta-Ferreira RM. The influence of pH on the leaching behaviour of inorganic components from municipal solid waste APC residues. *Waste Manag.* 2009;29(9):2483-93.
21. Khoshgoftarmanesh A, Kalbasy A. Effect of solid waste leaching residues on soil properties. *J Sci Agric Tech.* 2002; 14(3):262-73 (Persian)
22. Ashworth D, Alloway B. Soil mobility of sewage sludge-derived dissolved organic matter, copper, nickel and zinc. *Environ Pollut.* 2004;127(1):137-44.
23. Toribio M, Romanya J. Leaching of heavy metals (Cu, Ni and Zn) and organic matter after sewage sludge application to Mediterranean forest soils. *Sci Total Environ.* 2006 Jun 15;363(1-3):11.
24. Courtney R, Mullen G. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour Technol.* 2008 ;99(8):2913-8.
25. Jalali M, Arfania H. Leaching of heavy metals and nutrients from calcareous sandy<sup>7</sup> loam soil receiving municipal solid sewage sludge. *Environ Monit Assess.* 2011 ;173(1-4):241-50 26.
26. Kolahchi Z, Jalali M. Effect of water quality on the leaching of potassium from sandy soil. *J Arid Environ.* 2007;68(4):624-39.
27. Madrid F, Lopez R, Cabrera F. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming conditions. *Agric Ecosyst Environ.* 2007;119(3-4):249-56.
28. Robertson W, Lutrick M, Yuan T. Heavy applications of liquid-digested sludge on three Ultisols: I. Effects on soil chemistry. *J Environ Qual.* 1982;11:278-82.
29. Chen YX, Zhu GW, Tian GM, Chen HL. Phosphorus and copper leaching from dredged sediment applied on a sandy loam soil: column study. *Chemosphere.* 2003;53(9):1179-87.
30. Hermana J, Nurhayati E. removal of Cr<sup>3+</sup> and Hg<sup>2+</sup> using compost derived from municipal solid waste. *J Plant Nut Soil Sci.* 2008;173(3):407-16.
31. Chang A, Page A, Warneke J, Resketo M, Jones T. Accumulation of cadmium and zinc in barley grown on sludge-treated soils: a long-term field study. *J Environ Qual.* 1983;12(3):391-7.

# The effect of solid waste compost on leaching and adsorption of heavy metals from silt-loamy soils

**Rastgar A., MSc**

Faculty Member, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran.

**Joneidi Jafari A., Ph.D**

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

**Farzadkia M., Ph.D**

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

**Rezaei Kalantary R., Ph.D**

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

**Allah-Abadi A., MSc**

PhD Student of Environmental Health Engineering, Faculty Member, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran.

**Gholizadeh A., MSc**

Faculty Member, Northern Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran.

Received:07/04/2012, Revised:12/04/2012, Accepted:19/05/2012

## Corresponding author:

Dr. Ahmad Joneidi Jafari,  
Department of Environmental and  
Occupational Health, School of  
Medicine, Tarbiat Modares  
University, Tehran, Iran.  
E-mail: ahmad\_jonidi@yahoo.com

## Abstract

**Background:** Leaching of nutrients and heavy metals from municipal solid waste compost leads to accumulation of certain elements in soil layers, causing underground water pollution. The objective of this study was to investigate the effect of compost on leaching and adsorption of heavy metals and nutrients (sodium, potassium, and sulfate) from silt-loamy soils.

**Materials and Methods:** In this empirical, applied study, three polyethylene columns (height 50 cm, inner diameter 10 cm), filled with sandy clay loam soil, were randomly selected. Then, 10 kg of compost per square meter were sprayed onto the columns, and leachates exiting the columns were routinely analyzed for pH, electrical conductivity, sulfate, sodium, potassium, lead, chromium, and cadmium. Data analysis was performed with Excel and SPSS software using Kruskal-Wallis test.

**Results:** The data showed that the use of enriched and unenriched compost leachate decreased pH (from  $7.43 \pm 17.0$  to  $6.7 \pm 0.25$  and  $7.07 \pm 0.11$ , respectively) and increased the electrical conductivity (EC) (from  $1.8 \pm 0.3$  mSiemens/m to  $3.7 \pm 0.12$  and  $12.87 \pm 0.41$  mSiemens/m respectively). Leakage of metals in the unenriched treatments was not significantly different from the control ( $p > 0.78$ ), but leakage with three metal-enriched compost applications was significant compared with control ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Application of composts containing heavy metals onto loamy soils increases leaching of heavy metals from the compost into groundwater. Therefore, frequent use of compost endangers groundwater quality. (*Quarterly Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, Volume 19, Number 3, pp.277-286*).

**Keywords:** Soil, Compost, Heavy Metals