Journal of Health System Research Volume 15, Issue 2, Summer 2019, Pages: 91-98

Original Article

doi: 10.48305/hsr.2019.15.2.107

Effect of Cow Manure and Sawdust on Decreasing the Potential Risk of Lead due to Parsley Consumption

Amir Hossein Baghaie[1*], Raheleh Mirzaei[1]

[1] *Department of Soil Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Amir Hossein Baghaie, Email: a-baghaie@iau-arak.ac.ir*

Received: 06/12/2018
Accepted: 01/05/2019

Keywords:
Cow manure
Lead
Parsley
Sawdust

Abstract

Background: Vegetables are considered as an important part of the human food chain. Therefore, this study aimed to assess the potential risk of lead (Pb) due to parsley consumption cultured in the soil treated by sawdust and cow manure.

Methods: This factorial experiment was performed as a randomized complete block design. The treatments consisted of applying 0, 10, and 15 t/ha cow manure enriched with 0% and 5% (W/W) sawdust in the soil with pollution of 0, 400, 600, and 800 mg Pb/kg soil. The intended plant in this experiment was parsley. After 50 days, the Pb concentration in the soil and plant shoot was measured by atomic absorption spectrometry (AAS). Moreover, the relative risk coefficient for non-cancer diseases was estimated using the formula of the United States Environmental Protection Agency.

Findings: Our findings demonstrated that applying 10 and 15 t/ha of cow manure increased soil pH by 0.2 and 0.5 units, respectively. Furthermore, the addition of 10 t/ha of cow manure along with 5% (W/W) sawdust resulted in 1.6 units augmentation in the cation exchange capacity of the soil. In addition, the results indicated that using 15 t/ha of cow manure with 5% (W/W) sawdust could diminish the relative risk of Pb for non-cancerous diseases due to parsley consumption.

Conclusion: According to the results of the present study, parsley consumption in regions with Pb-polluted soil might have a high potential risk for non-cancerous diseases. It was indicated that the application of cow manure with sawdust had a significant effect on decreasing the potential risk of Pb. However, the role of soil pollution type and amount on reducing Pb potential risk should not be ignored.

Citation: Baghaie AH, Mirzaei R. Effect of Cow Manure and Sawdust on Decreasing the Potential Risk of Lead due to Parsley Consumption. J Health Syst Res. 2019; 15(2): 91-98.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2022-01-19]

[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

Copyright 2019 Journal of Health System Research. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY) License (http://creativecommons.org/) which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

مقاله پژوهشی

doi: 10.48305/hsr.2019.15.2.107

اثر کاربرد کود گاوی و خاک‌اره بر کاهش پتانسیل خطرپذیری سرب ناشی از مصرف جعفری

امیرحسین بقائی[1*]، راحله میرزائی[1]

[1] گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

* **نویسنده مسئول:** امیرحسین بقائی، ایمیل: a-baghaie@iau-arak.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۱

واژه‌های کلیدی:
کود گاوی
سرب
جعفری
خاک اره

چکیده

مقدمه: سبزیجات به عنوان بخش مهمی از زنجیره غذایی انسان محسوب می‌شوند. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی پتانسیل خطرپذیری سرب ناشی از مصرف جعفری در خاک تیمار شده با خاک‌اره و کود گاوی انجام شد.

روش‌ها: پژوهش حاضر به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی در این پژوهش شامل کاربرد ۰، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی غنی شده با ۰ و ۵ درصد وزنی خاک‌اره در خاکی با مقادیر ۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم بوده و گیاه مورد نظر، جعفری بوده است. پس از گذشت ۵۰ روز، غلظت سرب در خاک و اندام هوایی گیاه جعفری با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، ضریب خطرپذیری نسبت به بیماری‌های غیر سرطانی با استفاده از فرمول ارائه شده توسط سازمان محیط زیست آمریکا محاسبه گردید.

یافته‌ها: کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی به ترتیب باعث افزایش ۰/۲ و ۰/۵ واحدی در pH خاک گردید. همچنین افزایش ۱۰ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۵ درصد وزنی خاک‌اره موجب افزایش ۱/۶ واحدی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شد. بر مبنای نتایج، استفاده از ۱۵ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۵ درصد وزنی خاک‌اره توانسته است پتانسیل خطرپذیری نسبت به بیماری‌های غیر سرطانی در اثر جذب سرب ناشی از مصرف جعفری را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن بودند که مصرف جعفری در مناطق آلوده به سرب می‌تواند پتانسیل خطرپذیری بالایی برای بیماری‌های غیر سرطانی داشته باشد. در این میان کاربرد کود گاوی به همراه خاک‌اره، تأثیر به سزایی بر کاهش این خطرپذیری داشته است؛ هر چند که نقش نوع و مقدار آلودگی خاک در مقدار کاهش خطرپذیری نباید نادیده گرفته شود.

ارجاع: بقائی امیرحسین، میرزائی راحله. اثر کاربرد کود گاوی و خاک‌اره بر کاهش پتانسیل خطرپذیری سرب ناشی از مصرف جعفری. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۸؛ ۱۵(۲): ۹۸-۹۱.

مقدمه

کاشت سبزیجات در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین می‌تواند صدمات جبران ناپذیری را به انسان و محیط زیست وارد کند. یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر برای تشخیص مقدار سلامت سبزیجات، غلظت عناصر سنگین موجود در آن‌ها است. آلودگی سبزیجات به فلزات سنگین می‌تواند ناشی از آبیاری با فاضلاب، کود و آفت‌کش باشد (۱). جذب و تجمع زیستی فلزات سنگین درگیاهان تحت تأثیر فاکتورهایی همچون آب و هوا، رسوبات اتمسفری، غلظت‌های فلزات سنگین در خاک، ماهیت خاک و مقدار رشد آن‌ها قرار دارد (۲)؛ از این رو می‌بایست به دنبال راه حلی بود تا با کاهش قابلیت دسترسی به فلزات سنگین، خطر آلودگی زنجیره غذایی با آن‌ها را کاهش داد.

در سال‌های اخیر به منظور تثبیت و مهار فلزات سنگین در خاک و کاهش قابلیت دسترسی به آن‌ها از ترکیباتی نظیر لجن فاضلاب‌های شهری، کود کمپوست حاصل از پسماندهای جامد شهری و کشاورزی، خاک‌اره و غیره استفاده شده است. در این راستا، مولایی و همکاران در پژوهشی با بررسی اثر کاربرد

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]

[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

ورمی‌کمپوست بر قابلیت دسترسی فلزات سنگین بیان کردند که کاربرد این ترکیبات باعث کاهش غلظت کادمیوم در گیاه ذرت شده است (۳). در این رابطه، شهبازی و همکاران نیز با استفاده از خاک‌اره توانستند ۶۵ درصد از فلز سنگین موجود در پساب صنعتی را حذف نمایند (۴).

وجود معدن سرب در اطراف روستای لکان در شهرستان خمین باعث آلوده شدن خاک‌های این منطقه به فلز سرب شده است. در این راستا، کشت و کار موجود در منطقه می‌تواند خطر ورود سرب به زنجیره غذایی را افزایش دهد. با توجه به اینکه استحصال سرب در این منطقه بسیار وسیع بوده و این امر باعث بر هم خوردن تعادل محیط زیست و آلودگی خاک‌های منطقه شده است، باید به دنبال راه‌کاری برای تثبیت فلزات سنگین موجود در منطقه بود. در این ارتباط، استفاده از کود گاوی به دلیل آلودگی بسیار کم به فلزات سنگین (۵) احتمالاً می‌تواند گزینه مناسبی برای تثبیت این فلزات باشد. از سوی دیگر، با توجه به تغییر شرایط اقلیمی و کمبود مواد آلی در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی کشور، استفاده از این ترکیب می‌تواند کمک شایانی به افزایش درصد مواد آلی خاک نماید. علاوه بر این، با توجه به اینکه تجزیه دراز مدت این افزودنی‌های آلی می‌تواند توزیع مجدد فلزات سنگین را در پی داشته باشد، استفاده از ترکیبات مکملی همانند خاک‌اره با افزایش ویژگی‌های جذبی خاک نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی آن، قابلیت دسترسی فلزات سنگین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به موارد بیان شده، پژوهش حاضر با هدف اثر کود گاوی و خاک‌اره بر کاهش مقدار خطرپذیری سرب ناشی از مصرف جعفری در خاک تیمار شده با کود گاوی انجام شد.

روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت یک آزمایش گلدانی با هدف بررسی پتانسیل خطرپذیری در برابر سرب ناشی از مصرف جعفری در خاک تیمار شده با استفاده از خاک‌اره و کود گاوی در یک گلخانه پژوهشی انجام شد. طرح آزمایشی مورد نظر به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی در این مطالعه شامل کاربرد کود گاوی در سه سطح ۰ (M_0)، ۱۰ (M10) و ۱۵ (M_{15}) تن در هکتار، کاربرد خاک‌اره به مقدار ۰ (D_0) و ۵ (D_1) درصد وزنی و آلودگی خاک به فلز سنگین سرب در سطوح ۰ (Pb_0)، ۴۰۰ (Pb_{400})، ۶۰۰ (Pb_{600}) و ۸۰۰ (Pb_{800}) میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک بود.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کود گاوی مورد استفاده در پژوهش در جدول ۱ ذکر شده است.

به منظور انجام این پژوهش، کود گاوی در نسبت‌های مذکور با خاک‌اره مخلوط شد و برای به تعادل رسیدن به مدت یک ماه نگهداری گردید. علاوه بر این، خاک در غلظت‌های ذکر شده به روش اسپری با سرب آلوده شد. پس از گذشت زمان لازم، مخلوط کود گاو و خاک‌اره به خاک آلوده به سرب اضافه گردید و این ترکیب برای به تعادل رسیدن، به مدت یک ماه داخل گلدان پلاستیکی پنج کیلوگرمی نگهداری شد (۶). در ادامه، گیاه جعفری کاشته شد. پس از سپری شدن طول دوره رشد، گیاه برداشت گردید و با آب مقطر شستشو داده شد.

شایان ذکر است که نمونه گیاه به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و پس از آن به روش مولایی و همکاران (۳) هضم شد و در نهایت غلظت سرب اندام هوایی گیاه توسط دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer مدل ۳۰۳۰ تعیین گردید. غلظت سرب قابل دسترس خاک نیز پس از عصاره‌گیری (۷) توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شد.

به منظور اندازه‌گیری کربن آلی (OC: Organic Carbon) در نمونه خاک یا کود گاوی از روش اکسیداسیون تر (۸) استفاده شد. مقدار نیتروژن کود گاوی نیز با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری گردید (۹). علاوه بر این، pH و قابلیت هدایت الکتریکی خاک با استفاده از عصاره اشباع خاک مشخص شد و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به روش کلرید باریم تعیین گردید (۷). همچنین، مقدار فلزات سنگین کل موجود در نمونه‌های خاک با استفاده از دستگاه جذب اتمی Perkin Elmer مدل ۳۰۳۰ تعیین شد (۹). میزان سرب قابل دسترس خاک نیز به روش Lindsay و همکاران اندازه‌گیری گردید (۱۰).

محاسبه احتمال خطرپذیری افراد نسبت به بیماری‌های غیر سرطانی (health risk index, HRI) با استفاده از فرمول‌های ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا صورت گرفت. به این ترتیب که ابتدا مقدار جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (۱۱):

$$DIM=(C_{Vegetable} \times C_{Factor} \times D_{Food\ intake})/B_{Average\ Weight}$$ معادله ۱

DIM: مقدار جذب آلاینده از طریق ماده غذایی به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن در روز

جدول ۱: ویژگی‌های خاک و کود گاوی مورد استفاده در این پژوهش

تیمار	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	سرب کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
خاک	۷/۱	۱/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۸
کود گاوی	۷/۹	۱۲/۳	۲۵/۱	۱/۳	۰/۸	۷۷

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

$C_{Vegetable}$: غلظت فلزات سنگین بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک

C_{Factor}: عامل تبدیل وزن سبزیجات تازه به خشک معادل ۰/۰۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱۲)

$D_{Food\ intake}$: مصرف روزانه برای افراد بزرگسال معادل ۳۵/۶ گرم در روز در نظر گرفته شده است (۱۳).

سپس، احتمال خطرپذیری در برابر بیماری‌های غیر سرطانی با استفاده از معادله ۲ ارزیابی گردید (۱۲).

معادله ۲ $HRI=DIM/RFD$

HRI: احتمال خطرپذیری نسبت به بیماری‌های غیر سرطانی

DIM: مقدار جذب محاسبه شده از رابطه قبل

RFD: نشان‌دهنده حداکثر غلظتی از عنصر می‌باشد که برای موجودات مشکلی ایجاد نکرده است. واحد آن نیز میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد که برای عنصر سرب معادل ۰/۰۰۴ در نظر گرفته شده است (۱۴).

در این مطالعه تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون LSD (Least Significant Difference) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

یافته‌ها

ویژگی‌های شیمیایی خاک

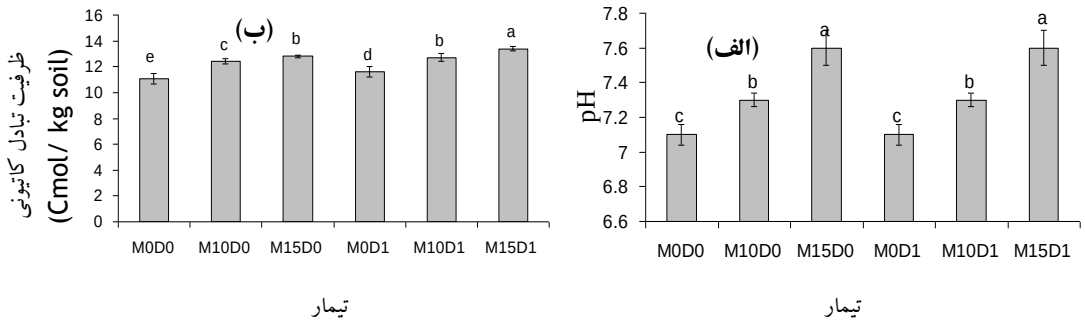
نتایج حاکی از آن است که اثر برهمکنش کاربرد کود گاوی و خاک اره بر تغییرات pH خاک معنی‌دار بود (شکل ۱. الف). کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی باعث افزایش معنادار pH خاک نسبت به خاک فاقد کود گاوی شده است. باید خاطرنشان ساخت که در این مطالعه اثر ساده کاربرد خاک‌اره بر pH خاک معنادار نبود. از سوی دیگر، کاربرد کود گاوی باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده بود (شکل ۱. ب)؛ به گونه‌ای که کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی به ترتیب باعث افزایش ۱/۳ و ۱/۷ واحدی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده بود. اثر برهم‌کنش کاربرد کود گاوی و خاک‌اره بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز معنادار بود؛ به نحوی که کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی و ۵ درصد وزنی خاک‌اره موجب افزایش ۲/۳ واحدی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شده بود.

غلظت سرب خاک و گیاه

در این مطالعه بیشترین غلظت سرب قابل دسترس خاک مربوط به خاک فاقد کود گاوی و آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک بود. این در حالی است که کمترین آن در خاک تیمار شده با ۱۰ تن در هکتار کود گاوی و آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک مشاهده شد (جدول ۲).

بر مبنای نتایج می‌توان گفت که کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۶۰۰ میلی‌گرم سرب باعث کاهش ۳۵ درصدی مقدار سرب قابل دسترس خاک شده است. کاربرد خاک‌اره به همراه کود گاوی نیز نقش مؤثری بر کاهش سرب قابل دسترس خاک داشته است؛ به نحوی که کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۵ درصد وزنی خاک‌اره در خاک آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب باعث کاهش ۲۸/۵ درصدی مقدار سرب قابل دسترس خاک شده است.

در این پژوهش بیشترین غلظت سرب اندام هوایی گیاه جعفری در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک ($M_0Z_0Pb_{800}$) و کمترین آن در خاک تیمار شده با ۱۰ تن در هکتار کود گاوی و آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک ($M_{10}Z_5Pb_{400}$) مشاهده شد (جدول ۲). باید بیان نمود که کاربرد کود گاوی تأثیر معناداری بر کاهش غلظت سرب اندام هوایی گیاه داشته است؛ به نحوی که کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۶۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک به ترتیب باعث کاهش ۳۶ و ۷۵ درصدی سرب اندام هوایی گیاه شده است. همچنین، کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۵ درصد وزنی خاک‌اره در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب توانسته است غلظت سرب را به کمتر از



شکل ۱: اثر کاربرد کود گاوی و خاک‌اره بر pH (الف) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (ب)؛ M0، M10 و M15 به ترتیب کاربرد ۰، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی؛ D0 و D1 به ترتیب کاربرد ۰ و ۵ درصد وزنی خاک‌اره

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

حد استاندارد برساند.

جذب روزانه سرب

نتایج جدول ۳ حاکی از معناداربودن اثر کاربرد کود گاوی، خاکاره و سرب بر مقدار جذب روزانه آن از طریق مصرف جعفری به ازای هر کیلوگرم وزن بدن (DIM) می‌باشند. بر مبنای نتایج، بیشترین مقدار جذب سرب مربوط به مصرف جعفری رشد یافته در خاک فاقد کاربرد کود گاوی یا خاکاره و آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب بوده است؛ این در حالی می‌باشد که کمترین مقدار جذب روزانه سرب در خاک حاوی ۱۰ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۵ درصد وزنی خاکاره و آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب رخ داده است. قابل ذکر می‌باشد که بیشترین و کمترین مقدار سرب قابل دسترس در خاک و اندام هوایی گیاه در این تیمارها مشاهده شده است.

در این مطالعه کاربرد کود گاوی باعث کاهش معنادار مقدار روزانه جذب سرب در اثر مصرف جعفری گردید. به این صورت که کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک فاقد کاربرد خاکاره و آلوده به ۶۰۰ میلی‌گرم سرب باعث کاهش ۳۵ درصدی مقدار جذب روزانه سرب بدن شد. کاربرد خاکاره نیز کاهش معناداری را در مقدار روزانه جذب سرب نشان داد؛ به نحوی که کاربرد ۵ درصد وزنی خاکاره در خاک فاقد کاربرد کود گاوی و آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب باعث کاهش ۴۵ درصدی جذب روزانه سرب شده بود.

پتانسیل خطرپذیری سرب

بیشترین پتانسیل خطرپذیری بیماری‌های غیر سرطانی (HRI) در اثر جذب سرب ناشی از مصرف جعفری مربوط به خاک فاقد کاربرد کود گاوی یا خاکاره و آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب می‌باشد که عددی بزرگ‌تر از ۱ را نشان می‌دهد (جدول ۴). این در حالی است که کمترین پتانسیل خطرپذیری سرب مربوط به مصرف جعفری رشد یافته در خاک حاوی ۱۵ تن در هکتار کود گاوی به همراه کاربرد ۵ درصد وزنی خاکاره و آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب بوده است.

بر مبنای نتایج، کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی در خاک

جدول ۲: اثر کاربرد کود گاوی، خاکاره و سرب بر غلظت سرب قابل دسترس خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اندام هوایی گیاه جعفری (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) ***

تیمار		D_0Pb_0	D_0Pb_{400}	D_0Pb_{600}	D_0Pb_{800}	D_1Pb_0	D_1Pb_{400}	D_1Pb_{600}	D_1Pb_{800}
M_0	خاک	ND**	۶۲/۲۳^{j*}	۱۱۰/۵۳^{e}	۱۵۹/۰۶^{a}	ND	۵۲/۷۱^{l}	۸۸/۶۸^{h}	۱۴۱/۳۱^{b}
	گیاه	ND	۱/۸۰^{f}	۲/۴۷^{c}	۳/۴۲^{a}	ND	۱/۲۴^{i}	۱/۸۶^{e}	۳/۰۶^{b}
M_{10}	خاک	ND	۴۱/۴۹^{m}	۹۰/۴۸^{h}	۱۲۵/۸۵^{c}	ND	۳۴/۵۹^{n}	۷۲/۳۱^{i}	۱۱۳/۷۱^{d}
	گیاه	ND	۱/۱۵^{j}	۱/۶۱^{g}	۲/۴۶^{c}	ND	۰/۶۷^{l}	۰/۹۸^{k}	۲/۲۰^{d}
M_{15}	خاک	ND	۳۰/۷۷^{o}	۷۰/۷۴^{i}	۱۰۵/۴۳^{f}	ND	۲۴/۹۷^{p}	۵۵/۴۷^{k}	۹۴/۴۸^{g}
	گیاه	ND	۰/۳۹^{m}	۰/۹۷^{k}	۱/۸۳^{ef}	ND	۰/۱۰^{n}	۰/۶۳^{l}	۱/۴۷^{h}

ND: قابل اندازه‌گیری به وسیله دستگاه جذب اتمی نبود. *: غلظت سرب بر اساس وزن تر گیاه بر مبنای حاصل‌ضرب غلظت بر اساس وزن خشک در C Factor به دست آمده است؛ M_0، M_{10} و M_{15} به ترتیب کاربرد ۰، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی؛ D_0 و D_1 به ترتیب کاربرد ۰ و ۵ درصد وزنی خاکاره؛ Pb_0، Pb_{400}، Pb_{600} و Pb_{800} به ترتیب آلودگی خاک به سرب در مقادیر ۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک

جدول ۳: اثر کاربرد کود گاوی، خاکاره و سرب بر مقدار جذب روزانه سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) از طریق مصرف جعفری

تیمار	D_0Pb_0	D_0Pb_{400}	D_0Pb_{600}	D_0Pb_{800}	D_1Pb_0	D_1Pb_{400}	D_1Pb_{600}	D_1Pb_{800}
M_0	NC**	۰/۰۰۵۳^{f*}	۰/۰۰۷۳^{c}	۰/۰۱۰۱^{a}	NC	۰/۰۰۳۷^{i}	۰/۰۰۵۵^{e}	۰/۰۰۹۱^{b}
M_{10}	NC	۰/۰۰۳۴^{j}	۰/۰۰۴۸^{g}	۰/۰۰۷۳^{c}	NC	۰/۰۰۱۹^{l}	۰/۰۰۲۹^{k}	۰/۰۰۶۵^{d}
M_{15}	NC	۰/۰۰۱۱^{m}	۰/۰۰۲۹^{k}	۰/۰۰۵۴^{ef}	NC	۰/۰۰۰۳^{n}	۰/۰۰۱۸^{l}	۰/۰۰۴۳^{h}

**NC: محاسبه نشده است؛ M_0، M_{10} و M_{15} به ترتیب کاربرد ۰، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی؛ D_0 و D_1 به ترتیب کاربرد ۰ و ۵ درصد وزنی خاکاره؛ Pb_0، Pb_{400}، Pb_{600} و Pb_{800} به ترتیب آلودگی خاک به سرب در مقادیر ۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم سرب در کیلوگرم

جدول ۴: اثر کاربرد کود گاوی، خاکاره و سرب بر تغییر پتانسیل خطرپذیری نسبت به ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی در اثر مصرف جعفری

تیمار	D_0Pb_0	D_0Pb_{400}	D_0Pb_{600}	D_0Pb_{800}	D_1Pb_0	D_1Pb_{400}	D_1Pb_{600}	D_1Pb_{800}
M_0	NC**	۱/۳۳^{f}	۱/۸۴^{c}	۲/۵۴^{a}	NC	۰/۹۲^{i}	۱/۳۸^{e}	۲/۲۸^{b}
M_{10}	NC	۰/۸۵^{j}	۱/۲۰^{g}	۱/۸۳^{c}	NC	۰/۴۹^{l}	۰/۷۳^{k}	۱/۶۳^{d}
M_{15}	NC	۰/۲۹^{m}	۰/۷۲^{k}	۱/۳۶^{ef}	NC	۰/۰۸^{n}	۰/۴۷^{l}	۱/۰۹^{h}

**NC: محاسبه نشده است؛ M_0، M_{10} و M_{15} به ترتیب کاربرد ۰، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار کود گاوی؛ D_0 و D_1 به ترتیب کاربرد ۰ و ۵ درصد وزنی خاکاره؛ Pb_0، Pb_{400}، Pb_{600} و Pb_{800} به ترتیب آلودگی خاک به سرب در مقادیر ۰، ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب باعث کاهش ۴۶ درصدی پتانسیل خطرپذیری سرب در برابر ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی گردیده است. لازم به ذکر می‌باشد که اثر برهم‌کنش کاربرد کود گاوی و خاک‌اره بر کاهش خطرپذیری سرب معنادار بود. بدین معنا که کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گاوی و ۵ درصد وزنی خاک‌اره در یک خاک آلوده به ۶۰۰ میلی‌گرم سرب باعث کاهش ۳/۴ برابری خطرپذیری بیماری‌های غیر سرطانی شده و این کاهش توانسته است احتمال خطرپذیری در مقابل ابتلا به بیماری‌های غیر سرطانی را به کمتر از ۱ برساند.

بحث

غلظت سرب قابل دسترس خاک

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد کود گاوی باعث افزایش معنادار pH خاک شده و این امر توانسته است منجر به کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک شود. در این ارتباط، تبرته و همکاران افزایش pH در اثر کاربرد کود گاوی را یکی از عوامل مهم کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک دانستند (۵). قابل ذکر می‌باشد که نقش ویژگی‌های جذبی خاک از جمله ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در کاهش قابلیت دسترسی سرب در خاک نباید نادیده گرفته شود.

از سوی دیگر بر مبنای نتایج می‌توان گفت که بخش معدنی و آلی موجود در کود گاوی، نقش مؤثری در کاهش قابلیت دسترسی سرب موجود در خاک داشته است. فلزات سنگین به شیوه‌های مختلفی در خاک نگهداری می‌شوند. در این ارتباط می‌توان به جذب فیزیکی اشاره کرد که در آن یون‌ها توسط نیروی الکترواستاتیک به ذرات با بار مخالف مانند رس‌ها متصل می‌شوند (تبادل کاتیونی). ساز و کار دیگر تثبیت عناصر، جذب اختصاصی آن‌ها از طریق پیوند کئوردینانسی فلزات با سطوح لیگاندهای آلی است. یکی از راه‌های کاهش قابلیت دسترسی عناصر، رسوب فلزات به صورت کانی‌های کم محلول از قبیل کربنات‌ها، هیدروکسیدها، فسفات‌ها و سولفیدها می‌باشد. شایان ذکر است که فلزات می‌توانند داخل ساختمان بلور کانی‌های سیلیکاته قرار بگیرند.

علاوه بر این، در این مطالعه کاربرد خاک‌اره با افزایش نسبت کربن به ازت خاک توانست نقش مؤثری در کاهش قابلیت دسترسی سرب خاک داشته باشد. در این راستا، محمدی و شامحمدی در پژوهشی کاربرد خاک‌اره را عامل مؤثری در جهت کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین دانستند و قطر ذرات خاک‌اره را عامل مؤثری در راستای مقدار کاهش قابلیت دسترسی فلز سنگین معرفی نمودند (۱۵).

غلظت سرب اندام هوایی گیاه

بر مبنای نتایج، کاربرد کود گاوی با افزایش ویژگی‌های جذبی خاک (۷) توانسته است باعث کاهش غلظت سرب اندام هوایی گیاه جعفری شود؛ به نحوی که کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود گاوی در خاک آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب، کاهش معناداری را در مقدار سرب میوه گیاه ایجاد کرده است که این مقدار سرب از حد مجاز تعیین شده توسط FAO (Food and Agriculture Organization) (۱۶) بیشتر بوده و می‌تواند خطرات جبران ناپذیری را برای سلامت انسان به همراه داشته باشد. قابل ذکر است که کاربرد همین مقدار کود گاوی به همراه ۵ درصد خاک‌اره در خاک آلوده به ۴۰۰ میلی‌گرم سرب توانسته است باعث کاهش غلظت سرب اندام هوایی گیاه در محدوده استاندارد تعیین شده توسط FAO شود (۱۶).

در این راستا، شریفی و همکاران در پژوهشی کاربرد کود گاوی را عامل مؤثری در جهت کاهش قابلیت دسترسی فلزات سنگین دانستند و دلیل آن را نقش بخش معدنی و آلی موجود در این ترکیات در تثبیت فلزات سنگین و به دنبال آن کاهش غلظت فلزات سنگین در اندام هوایی گیاه بیان نمودند (۱۷). با توجه به اینکه افزودنی‌های آلی از قبیل کود گاوی در دراز مدت تجزیه گردیده و موجب آزادسازی مجدد فلزات سنگین می‌شود (۱۸)، کاربرد خاک‌اره می‌تواند با افزایش ویژگی‌های جذبی خاک تا حدود زیادی مانع آزادسازی مجدد فلزات سنگین شود. چراغی و قبادی نیز در پژوهشی به ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین در سبزی جعفری برداشت شده از برخی از مزارع شهر همدان پرداختند و میانگین غلظت سرب در گیاه جعفری را بالاتر از حد استاندارد گزارش نمودند که این مهم با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۱۲). علاوه بر این نتایج پژوهش تسافی و همکاران در مورد ارزیابی خطر سرب در سبزیجات، حاکی از بالا بودن ضریب انتقال سرب از خاک به سبزیجات بود که از این نظر با پژوهش حاضر همخوان می‌باشد (۱۹).

جذب روزانه و پتانسیل خطرپذیری سرب ناشی از مصرف جعفری

بر مبنای نتایج، بیشترین مقدار جذب روزانه سرب مربوط به مصرف جعفری رشدیافته در خاک فاقد کاربرد کود گاوی یا خاک‌اره و آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب بود که این مقدار جذب ۳/۳ برابر حد استاندارد پیشنهاد شده توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا می‌باشد (۲۰). علاوه بر این، نتایج حاکی از آن بودند که کاربرد خاک‌اره یا کود گاوی نقش به سزایی در کاهش مقدار جذب روزانه سرب و کاهش پتانسیل خطرپذیری سرب در پی مصرف جعفری دارد؛ به نحوی که کاربرد این ترکیبات آلی در برخی از موارد باعث کاهش مقدار جذب روزانه سرب یا پتانسیل خطرپذیری آن به میزان کمتر از حد استاندارد شده است.

بر اساس نتایج جدول ۳ و ۴ می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود گاوی به همراه ۵ درصد وزنی خاک‌اره نقش به سزایی در کاهش مقدار جذب روزانه سرب توسط

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

بدن انسان داشته است که این مقدار کمتر از میزان جذب قابل تحمل روزانه سفارش شده از سوی WHO/FAO (World Health Organization) می‌باشد (۱۳). دلیل این امر را می‌توان به نقش بخش معدنی آلی موجود در این ترکیبات در کاهش غلظت سرب اندام هوایی گیاه و به دنبال آن کاهش مقدار جذب روزانه سرب توسط بدن انسان نسبت داد. در این راستا، تابنده و طاهری در سال ۱۳۹۵ در پژوهشی به ارزیابی مواجهه با فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیوم در بین سبزیجات کشت شده در مزارع استان زنجان پرداختند و سبزیجات برگی نظیر جعفری را یکی از جاذب‌های فلز سنگین معرفی نمودند؛ به نحوی که مقدار جذب روزانه سرب از طریق مصرف جعفری، بالاتر از مقدار مجاز جذب روزانه سرب توسط FAO بود (۱۶).

با توجه به اینکه امروزه در اکثر شهرهای صنعتی کشور، غلظت فلزات سنگین رو به افزایش می‌باشد و از سوی دیگر با توجه به اثرات منفی سرب، یافتن و ارائه راه‌کارهای مناسب به منظور کاهش مقدار جذب سرب روزانه توسط انسان از طریق مصرف سبزیجاتی نظیر جعفری، امری ضروری به نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که غلظت سرب در اندام هوایی گیاه جعفری، بالاتر از میزان استاندارد توصیه شده توسط FAO می‌باشد. بر مبنای نتایج، کاربرد کود گاوی توانسته است ضمن مدیریت بازیافت شهری، با افزایش ویژگی‌های جذبی خاک نظیر ظرفیت تبادل کاتیونی آن، نقش مؤثری در کاهش مقدار سرب قابل دسترس خاک و به دنبال آن کاهش مقدار جذب روزانه سرب از طریق مصرف سبزیجاتی نظیر گیاه جعفری داشته است. علاوه بر این، نتایج حاکی از آن بودند که پتانسیل خطرپذیری بیماری‌های غیر سرطانی در اثر سرب ناشی از مصرف جعفری، همزمان با کاربرد کود گاوی و خاک‌اره در خاک کاهش یافته است؛ هر چند هنوز هم در خاک‌های آلوده به ۸۰۰ میلی‌گرم سرب، عددی بیشتر از ۱ را نشان می‌دهد که می‌بایست مورد بررسی دقیق‌تر قرار بگیرد. با توجه به اینکه امروزه در شهرهای صنعتی کشور، غلظت فلزات سنگین از جمله سرب رو به افزایش می‌باشد، استفاده از سبزیجاتی نظیر جعفری (که بخش مهمی از زنجیره غذایی انسان محسوب می‌شود) در زمین‌های آلوده می‌بایست با دقت بالایی انجام شود و راه‌کارهای کاهش قابلیت دسترسی سرب در چنین زمین‌هایی با توجه به نوع آلودگی و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های بی‌دریغ دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات برای انجام این پژوهش، تقدیر و تشکر نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافع در نگارش و چاپ این مقاله با یکدیگر ندارند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان در استفاده از مقالات و نتایج و یافته‌های مقالات هیچ سوگیری نداشته و از تمامی اطلاعات همسو مثبت و منفی در نگارش مقاله استفاده کردند.

References

1. Bahrampour T, Fallah NA, Shiri M, Sarvi MV. Investigating heavy elements status (Cd, Ni and Pb) in soils of Moghan. Electr J Soil Manag Sustainable Prod 2013; 3(1): 243-49. [In Persian].
2. Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: a case study in Varanasi. Environ Pollut 2008; 154(2): 254-63.
3. 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. J Water Soil Sci 2016; 19(74): 113-24. [In Persian].
4. Shahbazi A, Khorasane N, Nosrati K. Application of organic solid waste in wastewater treatment. Iran J Natural Res 2005; 58: 151-8. [In Persian].
5. Tabarteh FN, Baghaie AH, Polous A. Effect of enriched cow manure with converter sludge on Fe bio-availability in a lead polluted soil. J Water Soil Conser 2017; 24(1): 205-20. [In Persian].
6. Houshyar P, Baghaei A. Effectiveness of DTPA chelate on Cd availability in soils treated with sewage sludge. Water Wastewater 2017; 28(4): 103-11. [In Persian].
7. Baghaie A, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R. The role of organic and inorganic fractions of cow manure and biosolids on lead sorption. Soil Sci Plant Nutr 2011; 57(1): 11-8.
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). J Soil Manag Sustain Prod 2017; 6(4): 103-17. [In Persian].
9. Saadat K, Barani MM. Influence of Iranian natural zeolites, clinoptilolite on uptake of lead and cadmium in applied sewage sludge by Maize (*Zea mays*. L.). J Water Soil Conserv 2013; 20(4): 123-43. [In Persian].
10. Lindsay WL, Norvell WA. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci Soc Am J 1978; 42(3): 421-28.
11. Xue ZJ, Liu SQ, Liu YL, Yan YL. Health risk assessment of heavy metals for edible parts of vegetables grown in sewage-irrigated soils in suburbs of Baoding City, China. Environ Monit Assess 2012; 184(6): 3503-13.
12. Cheraghi M, Ghobadi A. Health risk assessment of heavy metals (cadmium, nickel, lead and zinc) in withdrawed parsley vegetable from some farms in Hamedan city. Toloo-E-Behdasht 2014; 13(4): 129-43. [In Persian].
13. Baversad MS, Ghorbani H, Afyuni M, KheirAbadi H. The potential risk assessment of heavy metals on human health in some agricultural products in Isfahan province. J Water Soil Sci 2014; 18(67): 71-81. [In Persian].
14. Afshari A, Khademi H, Ayoubi S. Risk assessment of heavy metals contamination in soils and selected crops in Zanjan Urban and industrial regions. J Water Soil 2016; 29(1): 151-63.
15. Mohammadi GM, Shamohammadi S. Comparison of active carbon, sawdust, almond shell and hazelnut shell absorbent in

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]

removal of nickel from aqueous environment. J Water Wastewater 2013; 24(3): 71-9. [In Persian].
16. Tabande L, Taheri M. Evaluation of exposure to heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in vegetables grown in the olericultures of Zanjan province's fields. Iran J Health Environ 2016; 9(1): 41-56. [In Persian].
17. Sharifi M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh AH. Effects of sewage sludge, animal manure, compost and cadmium chloride on cadmium accumulation in corn and alfalfa. J Res Sci Technol 2010; 7(4): 219-25.
18. Basta NT, Ryan JA, Chaney RL. Trace element chemistry in residual-treated soil. J Environ Qual 2005; 34(1): 49-63.
19. Tsafe AI, Hassan LG, Sahabi DM, Alhassan Y, Bala BM. Evaluation of heavy metals uptake and risk assessment of vegetables grown in Yargalma of Northern Nigeria. J Basic Appl Sci Res 2012; 2(7): 6708-14.
20. Aghili F, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R. Health risks of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran. Hum Ecol Risk Assess 2009; 15(5): 999-1015.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-08]
[DOI: 10.48305/hsr.2019.15.2.107]