JEHE Alborz University of Medical Sciences Journal of Environmental Health Engineering , 2024; 11(4):443-455 Original Article

Investigating the bioaccumulation of lead, cadmium and nickel in Soil and *Beta vulgaris* and *Daucus Carota* in the agricultural fields of Shush City

Received: 20 April 2024, Accepted: 02 June 2024

Sadegh Zeheyrifar[1], Maryam Mohammadi Rozbahani[1]*

[1] *Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*

***Corresponding Author:**
mmohammadiroozbahani@yahoo.com

How to Cite This Article:
Zeheyrifar S, Mohammadi Rozbahani M Investigating the bioaccumulation of lead, cadmium and nickel in Soil and Beta vulgaris and Daucus Carota in the agricultural fields of Shush City. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;11(4):443-55.

DOI:
10.61186/jehe.11.4.443

ABSTRACT

Background: Pb, Cd and Ni are toxic metals that can have dangerous and irreparable effects on humans. This study was conducted aim of investigation amount of bioaccumulation of Pb, Cd and Ni in the soil, Beta vulgaris and Daucus Carota of Shush city.

Materials and Methods: In this research of descriptive-sectional, 4 farms of Beta vulgaris and 4 farms of Daucus Carota were randomly selected in Shush city. 60 samples were prepared from each farms of Beta vulgaris and Daucus Carota, as well as 40 soil composite samples. Sampling was done in the winter of 2019 and spring of 2020. EPA 3050 method was used to digest soil samples and the amount of Pb, Cd and Ni in the samples measured by ICP Plasma.

Results: Concentration of Cd, Pb and Ni of Beta vulgaris was 2.06, 35.87 and 96.68 mg $Kg^{-1}$and of the Daucus Carota was 1.72, 14.82 and 39.52 mg Kg^{-1}, respectively. Concentration of Cd, Pb and Ni in the soil of Beta vulgaris and Daucus Carota farms were 2.9, 63.62 and 3150.65 mg Kg^{-1} and 14.4, 225.27 and 3348.82 mg Kg^{-1}, respectively. The mean of concentration of heavy metals in Beta vulgaris and Daucus Carota and the soil of the two studied plants were significantly different ($P<0.05$). The highest bioaccumulation index in Beta vulgaris and Daucus Carota was related to Cd, 0.74 and 0.125 and the lowest was related to Ni, 0.30 and 0.012, respectively.

Conclusion: The bioaccumulation coefficient of Pb, Cd and Ni in Beta vulgaris and Daucus Carota was calculated to be lower than 1. The concentration of Pb, Cd and Ni in the soil and Beta vulgaris and Daucus Carota was higher than the standard limit of the WHO and FAO (Pb and Cd was 0.3 and 0.2 mg/kg, respectively). Considering the high consumption of vegetables and the potential risks of heavy metal accumulation, regular monitoring of the supplied products is recommended.

Keywords: heavy metals, bioaccumulation, beetroot, carrot, agricultural fields of Shush

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

Copyright © 2024 The Authors.
Published by Alborz University of Medical Sciences
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).Non-commercial uses of the work are permitted,provided the original work is properly cited.

JEHE
Alborz University of Medical Sciences
مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۱، شماره ۴، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۴۳ تا ۴۵۵
مقاله پژوهشی

بررسی تجمع زیستی سرب، کادمیوم و نیکل در خاک و محصولات چغندر (*Beta vulgaris*) و هویج (*Daucus Carota*) مزارع کشاورزی شهرستان شوش

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳

صادق ظهیری‌فر[۱]، مریم محمدی روزبهانی[۱*]

[۱]گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
mmohammadiroozbahani@yahoo.com

نحوه استناد به این مقاله:
Zeheyrifar S, Mohammadi Rozbahani M Investigating the bioaccumulation of lead, cadmium and nickel in Soil and Beta vulgaris and Daucus Carota in the agricultural fields of Shush City. Journal of Environmental Health Engineering. 2024;11(4):443-55.

DOI:
10.61186/jehe.11.4.443

چکیده

زمینه و هدف: سرب، نیکل و کادمیوم جزء فلزات سمی هستند که می‌توانند آثار خطرناک و جبران‌ناپذیری برای انسان داشته باشند. این مطالعه با هدف بررسی میزان تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب و نیکل در خاک و گیاه چغندر و هویج زمین‌های کشاورزی شهرستان شوش انجام شد.

مواد و روش ها: در این تحقیق توصیفی مقطعی، بطور تصادفی ۴ مزرعه کشاورزی چغندر و ۴ مزرعه کشاورزی هویج سطح کشت شهرستان شوش انتخاب شد. از هر مزرعه چغندر و هویج ۶۰ نمونه و همچنین ۴۰ نمونه مرکب از خاک تهیه شد. نمونه‌برداری در زمستان سال ۱۳۹۸ و بهار سال ۱۳۹۹ صورت گرفت. برای هضم نمونه‌های خاک از روش EPA 3050 استفاده گردید و میزان سرب، کادمیوم و نیکل موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی سنجش شدند.

یافته ها: میزان غلظت کادمیوم، سرب و نیکل در گیاه چغندر ۲/۰۶، ۳۵/۸۷ و ۹۶/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در گیاه هویج به ترتیب ۱/۷۲، ۱۴/۸۲ و ۳۹/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. در خاک مزارع تحت کشت چغندر و هویج مقادیر کادمیوم، ،سرب و نیکل به ترتیب ۲/۹، ۶۳/۶۲ و ۳۱۵۰/۶۵ و ۱۴/۴، ۲۲۵/۲۷ و ۳۳۴۸/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. میانگین غلظت فلزات سنگین چغندر و هویج و خاک مزارع کشت دو گیاه مورد مطالعه با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵). بالاترین ضریب تجمع زیستی در گیاه چغندر و هویج مربوط به فلز کادمیوم به ترتیب ۰/۷۴ و ۰/۱۲۵ و کمترین مربوط به فلز نیکل به ترتیب ۰/۳۰ و ۰/۰۱۲ بود.

نتیجه گیری: ضریب تجمع زیستی فلز سرب، نیکل و کادمیوم در گیاه چغندر و هویج پایین تر ۱ محاسبه شد. غلظت کادمیوم، سرب و نیکل در خاک و گیاه چغندر و هویج بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی و FAO (سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۳ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. با توجه به مصرف بالای سبزیجات و خطرات بالقوه تجمع فلزات سنگین پایش منظم محصولات عرضه شده توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، تجمع زیستی، چغندر، هویج، مزارع کشاورزی شوش

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

مقدمه

سبزیجات و صیفی‌جات جایگاه بسیار مهمی در رژیم غذایی انسان دارند و حاوی مواد معدنی، انواع ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و کربوهیدرات‌ها می‌باشند[1]. بسیاری از عناصر ضروری و ویتامین‌ها که برای رشد و نمو طبیعی انسان ضروری هستند از سبزیجات و صیفی‌جات تامین می‌شوند[2]. علاوه بر این بسیاری از سبزیجات و صیفی‌جات بدن انسان را در برابر بسیاری از بیماری‌ها محافظت می‌کنند و خطر ابتلا به بسیاری از انواع سرطان‌ها را کاهش می‌دهند[3]. از آنجایی که سبزیجات و صیفی‌جات حاوی مواد معدنی ضروری و غیرضروری هستند، ایمنی و بهداشت این گروه از مواد غذایی اهمیت فراوانی دارد[4].

هویج یکی از سبزیجات مهم و مغذی بوده که مقادیر قابل توجهی آنتی‌اکسیدان‌های بتاکاروتن و آلفاکاروتن دارد و منبع غنی از ویتامین‌های A، K و B6 می‌باشد. هویج تقریبا در سراسر ایران کشت می‌گردد و به‌دلیل شیرینی محبوبیت خاصی دارد[5،6]. چغندر نیز جزء سبزیجات غنی از مواد معدنی مانند پتاسیم، سدیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، مس، آهن، روی و منگنز است[7] و به‌دلایل مختلف نظیر درمان سرطان و بیماری‌های قلبی ـ عروقی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد[8] که خطر ابتلا به چاقی، دیابت و فشار خون را کاهش می‌دهد[9،10].

موضوع آلودگی مواد غذایی توسط مواد سمی مانند فلزات سنگین، یکی از مسائل مهم در تحقیقات و مطالعات متعدد است[11،12]. فلزات سنگین از طریق فرآیندهای هوازدگی، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی می‌توانند وارد خاک و آب شده و انباشته شوند[13]. غلظت فلزات سنگین گیاهان به غلظت این آلاینده‌ها در خاک بستگی دارد و انباشت فلزات سنگین در خاک می‌تواند ناشی از آبیاری پساب شهری، فعالیت‌های ناشی از صنایع، سموم و کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی باشد[14]. سبزی حاصل از خاک آلوده می‌تواند غلظت بالایی از فلزات سنگین را انباشته کند و خطرات جدی برای سلامت انسان ایجاد کند[15]. فلزات سنگین از طریق دهان، تنفس و پوست وارد بدن می‌شوند و بیشتر آن‌ها از طریق راه‌های دفعی بدن (کلیه، کبد، روده، ریه، پوست) بدون حمایت خاصی قابل دفع نیستند، بنابراین غالبا فلزات سنگین در بدن موجودات زنده تجمع می‌یابند[16].

در تحقیقی در کشور ترکیه مقادیر فلزات سنگین در گوجه فرنگی[1] ، پیاز[2] ، فلفل[3] و لوبیا[4] گزارش شده است که در بین بخش‌های خوراکی سبزیجات، بیشترین تجمع آهن و کروم در پیاز تعیین شد. تجمع روی و سرب در گوجه فرنگی و سپس نیکل در لوبیا، در حالی که کادمیوم و مس در فلفل بالا بودند[2]. غلظت فلزات سرب، نیکل، آرسنیک و کادمیوم در خاک و سبزیجات شوید و جعفری مزارع تحت کشت پایین‌دست رودخانه کارون نشان داد غلظت دو فلز کادمیوم و سرب در خاک زیر کشت گیاه شوید بالاتر از خاک زیر کشت گیاه جعفری بودند. درمورد گیاهان شوید و جعفری، مقادیر نیکل، سرب، آرسنیک و کادمیوم در محدوده مجاز قرار نداشتند[17]. غلظت کادمیوم، سرب، و نیکل در سبزی اسفناج و خاک برداشت شده از مزارع بالادست و پایین‌دست نیروگاه حرارتی رامین اهواز، با توجه به حد استاندارد، غلظت کادمیوم، نیکل و سرب در اسفناج بالاتر و در خاک پایین‌تر از حد استاندارد بوده است. غلظت هر سه فلز در تمامی نمونه‌های سبزی بالاتر از حد استاندارد بود[13]. غلظت فلزات سنگین موجود در سبزیجات برگدار پرمصرف نظیر چغندر[5] در منطقه معدنی نزدیک توزلا در بوسنی و هرزگوین برای کروم پایین‌ترین غلظت (۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و آهن بالاترین مقدار (۵۳۹/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش شد[18].

1. Solanum lycopersicum
2.Allium cepa
3.Capsicum annuum
4.Phaseolus vulgaris
5.Beta vulgaris

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

سطوح فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آهن و کروم در هویج[1] کشور آفریقای جنوبی نیز گزارش شده است که غلظت آهن بالاترین مقادیر را داشت[19].

با توجه به اهمیت بهداشت، سلامت و سمیت فلزات سنگین، بیماری‌زایی و سرطان‌زایی آن‌ها برای بدن انسان و مصرف سبزیجات و صیفی‌جات به‌عنوان بخش مهمی از رژیم غذایی انسان، این مطالعه با هدف بررسی میزان تجمع زیستی فلزات سنگین کادمیوم، سرب و نیکل در خاک و گیاه چغندر و هویج زمین‌های کشاورزی شهرستان شوش انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق توصیفی ـ مقطعی بطور تصادفی ۴ مزرعه چغندر و ۴ مزرعه هویج سطح کشت شهرستان شوش انتخاب و از هر مزرعه چغندر و هویج ۶۰ نمونه و همچنین ۴۰ نمونه مرکب از خاک تهیه شد. نمونه‌برداری گیاه هویج در زمستان سال ۱۳۹۸ و برای گیاه چغندر در بهار سال ۱۳۹۹ صورت گرفت. جهت برداشت نمونه های گیاه ابتدا مزرعه مورد نظر به دو قسمت مساوی تقسیم شد، سپس از چهار گوشه و وسط هر قسمت نمونه های هویج، چغندر و خاک را برداشت کرده و پس از آن با مخلوط نمودن نمونه‌های برداشت شده اولین نمونه به‌دست آمد و بدین ترتیب برای برداشت نمونه‌های بعدی اقدام گردید. نمونه‌های هویج و چغندر در کیسه‌های پلی‌اتیلن جمع‌آوری شدند. نمونه‌های خاک از عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متری با استفاده از بیلچه فولاد ضد زنگ برای جلوگیری از آلودگی تهیه و درون کیسه‌های پلی‌اتیلن جمع‌آوری شدند. پس از نمونه‌برداری از هر مزرعه با استفاده از دستگاه GPS مکان دقیق نمونه‌برداری از نظر طول و عرض جغرافیایی منطقه تعیین و یادداشت گردید و نمونه‌های گیاهی و خاک به آزمایشگاه منتقل شدند.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری مزارع هویج، چغندر و خاک شهرستان شوش

هویج			چغندر		
کد مزارع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	کد مزارع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
A	X: 239749	3551380 Y:	A	X: 234979	Y: 3577072
B	X: 239764	Y: 3554193	B	X: 235390	Y: 3577245
C	X: 240015	Y: 3554634	C	X: 236159	Y: 3577007
D	X: 240014	Y: 3554358	D	X: 236641	Y: 3576254

برای آماده‌سازی نمونه‌های هویج و چغندر ابتدا با آب و سپس با اسید یک نرمال به مدت ۳۰ ثانیه یا شستشو با آب و صابون شستشو شدند. بعد از آن نمونه‌ها در آب مقطر غوطه‌ور گردیده و مجددا با آب شسته شدند. جهت خشک کردن نمونه‌های چغندر و هویج درون پاکت کاغذی قرار گرفته و به مدت ۴۸ ساعت یا بیشتر برای نمونه‌های ضخیم در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس برای آسیاب کردن نمونه‌ها و ایجاد پودر یکنواخت با هاون چینی کوبیده و نمونه‌ها را با الک چشمه ۶۳ میکرون الک کرده، سپس به میزان یک گرم از نمونه پودر شده جهت هضم توزین گردید. برای خشک کردن نمونه‌های خاک، نمونه‌ها در ظروف پتری‌دیش در آون با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن خاک‌ها ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون توسط الک جداسازی و با استفاده از هاون چینی پودر گردیدند. سپس به میزان یک گرم از نمونه پودر شده جهت هضم توزین گردید[20].

1.Daucus Carota

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

برای هضم نمونه‌های هویج و چغندر، ۰/۵گرم از نمونه پودر شده گیاه به ارلن ۱۰۰ سی‌سی منتقل گردید و سپس ۱۰ سی‌سی تیزاب سلطانی به هر کدام از نمونه‌ها اضافه نموده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن‌ها به مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار داده شد، سپس ارلن‌ها را بر روی هیتر با دمای ۷۰ الی ۸۰ قرار داده و عمل حرارت دادن به ملایمت آغاز گردید تا بخار خرمایی رنگی از تمامی نمونه‌ها متصاعد شد. سپس مقدار ۳ سی‌سی تیزاب سلطانی به هر یک از ارلن‌ها اضافه نموده و عمل حرارت دادن شدیدتر شد تا اکسیداسیون مواد گیاهی به اتمام برسد. این عمل تا زمانی ادامه داشت که حجم نمونه به ۲ الی ۳ سی‌سی کاهش یافت و نمونه کاملاً بی‌رنگ شد. پس از بی‌رنگ شدن کامل نمونه و کاهش حجم آن پس از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه گردید و نمونه‌های محلول را با عبور از کاغذ صافی شماره ۴۵ فیلتر کرده و درون بالون ژوژه ۵۰ سی‌سی ریخته و با اسید نیتریک ۱ درصد به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد. سپس درون ظرف پلاستیکی قرار داده شد تا میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی قرائت گردید[۲۱].

برای هضم نمونه‌های خاک از روش EPA 3050 استفاده گردید. در این روش ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده خاک به ارلن ۱۰۰ سی‌سی منتقل گردید و ۵ قطره اسید کلریدریک ۱ نرمال به هر کدام از نمونه‌ها اضافه نموده و ارلن ها را به شکل دورانی تکان داده تا خاک و اسید کاملاً با هم مخلوط گردید. بعد از آن ۵ سی‌سی تیزاب سلطانی به هر کدام از ارلن‌ها اضافه کرده و دوباره تکان داده و با گذاشتن شیشه ساعت بر روی ارلن‌ها به مدت ۲۴ ساعت زیر هود قرار داده شدند. سپس ارلن‌ها را بر روی هیتر برقی با دمای ۸۰ الی ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا رنگ نمونه‌ها تیره گردد، سپس به هریک از نمونه ها ۳ سی‌سی اسید پرکلریک اضافه نموده و مجدداً ارلن‌ها را بر روی هیتر قرار داده تا حجم نمونه ها به ۲ الی ۳ سی‌سی کاهش یافته و پس از خنک شدن ظرف، مقداری آب مقطر به آن اضافه کرده و نمونه‌های محلول را با عبور از کاغذ صافی شماره ۴۵ فیلتر کرده و درون بالون ژوژه ۵۰ سی‌سی ریخته و با اسید نیتریک ۱ درصد به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد. میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنجی پلاسمای جفت شده القایی مدل *Ultima2c* قرائت گردید[۲۲].

مقدار غلظت اندازه‌گیری شده در واحد وزن نمونه بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد که A عدد قرائت شده بر حسب ppm، V حجم نهایی محلول هضم شده نمونه (۵۰ سی‌سی) و M وزن نمونه برداشت شده (در نمونه های خاک و گیاه ۱ گرم) بود. رابطه ۱ بیانگر روش محاسبه غلظت اندازه‌گیری شده فلز در واحد وزن نمونه‌های گیاه و خاک است که از تقسیم شدن ضرب مقدار فلز قرائت شده بر حسب ppm و حجم نهایی محصول هضم شده بر وزن نمونه برداشت شده به‌دست آمد[۲۱]:

$$A = \frac{A \times V}{M} \times 10$$ رابطه ۱:

پس از به‌دست آوردن مقادیر فلزات کادمیوم، سرب و نیکل حاصل از آنالیزهای انجام شده بر روی چغندر و هویج و خاک منطقه مورد بررسی، از روش‌های آماری و آزمون‌های متفاوت با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰، ضریب همبستگی پیرسون و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون‌های t-test مستقل برای هر یک از عناصر استفاده شد.

یافته‌ها

میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیوم و نیکل در خاک ۴ مزرعه چغندر شوش به صورت نیکل > سرب> کادمیوم بود. در هر ۴ مزرعه A، B، C و D غلظت فلزات سنگین بین سرب، نیکل و کادمیوم اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). در خاک مزارع چغندر فلز سرب بین ۴ مزرعه اختلاف معنی‌دار داشت و مزرعه B با ۹۹/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاتر و خاک مزرعه C با ۴۸/۱ کمترین غلظت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

فلز سرب را داشت (P<۰/۰۵). میزان فلز کادمیوم در خاک ۴ مزرعه اختلاف معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵). میانگین غلظت فلز سنگین نیکل در خاک مزرعه چغندر A با ۳۴۵۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مزرعه C با ۲۹۳۳/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب بیشترین و کمترین غلظت فلز نیکل را داشت (P<۰/۰۵) (جدول ۲). در خاک مزرعه هویج غلظت فلزات سنگین در هر ۴ ایستگاه اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵) و در هر ۴ مزرعه، نیکل بالاترین غلظت و کادمیوم کمترین غلظت فلز سنگین را داشت (P<۰/۰۵). در خاک مزارع هویج، خاک مزرعه B با ۳۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و خاک مزرعه C با ۱۶۱/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب بالاترین و کمترین غلظت فلز سرب را داشت (P<۰/۰۵). فلز کادمیوم خاک در مزارع B و D و نیز در مزارع A و C اختلاف معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵) و غلظت کادمیوم در مزارع B و D بالاتر از دو مزرعه دیگر بود (P<۰/۰۵). در مورد فلز نیکل خاک مزرعه C با ۲۰۱۱/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین و خاک مزرعه D با ۴۳۷۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت فلز نیکل را داشت (P<۰/۰۵). میزان نیکل مزارع A و D با یکدیگر و مزارع A و B با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۲. میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک مزرعه چغندر و هویج شهرستان شوش (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

کد مزارع	چغندر			هویج		
	سرب	کادمیوم	نیکل	سرب	کادمیوم	نیکل
A	۵۳/۱±۰/۰۲^{b}	۲/۷±۰/۰۴^{a}	۳۴۵۱/۸±۱/۱^{c}	۱۹۲±۹/۳۲ ^{b}	۱۱/۹±۰/۰۵ ^{a}	۳۷۲۰/۱±۳۱/۹۲^{c}
B	۹۹/۱±۰/۰۲^{b}	۳/۷±۰/۰۴^{a}	۳۰۰۹/۹±۱/۳^{c}	۳۳۶±۱۰/۴۴ ^{b}	۱۹/۹±۰/۲۷ ^{a}	۳۲۹۲/۱±۱۴/۶۶^{c}
C	۴۸/۱±۰/۰۲^{b}	۲/۴±۰/۰۵^{a}	۲۹۳۳/۱±۱/۲^{c}	۱۶۱/۱±۱۱/۸۱^{b}	۱۱/۲±۰/۸۰ ^{a}	۲۰۱۱/۱±۲۳/۱۷^{c}
D	۵۴/۱±۰/۰۲^{b}	۲/۸±۰/۰۴^{a}	۳۲۰۷/۸±۱/۳^{c}	۲۱۲±۱۳/۶۴ ^{b}	۱۴/۶±۰/۹۳ ^{a}	۴۳۷۲/۱±۲۵/۵۴^{c}

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P<۰/۰۵).

در گیاه چغندر در هر ۴ مزرعه مورد بررسی در شهرستان شوش، نیکل با محدوده غلظت بین ۲۲۵/۰۵–۴۴/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت و کادمیوم با ۱/۸–۰/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین غلظت را داشت (P<۰/۰۵). گیاه چغندر مزرعه B با ۷۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کادمیوم در مزرعه D با ۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین غلظت را در مقایسه با سایر مزارع داشتند (P<۰/۰۵). نیکل موجود در گیاه چغندر مزرعه D با ۲۲۵/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با سایر مزارع سطح فلز بالاتری داشت (P<۰/۰۵). فلز نیکل در گیاه چغندر مزارع A، B و C اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۴). در گیاه هویج مزارع شوش، در هر ۴ مزرعه A، B، C و D نیکل با اختلاف معنی‌دار در مقایسه با سرب و کادمیوم بالاترین میزان و کادمیوم کمترین غلظت را در مقایسه با سایر فلزات داشت (P<۰/۰۵). در مزرعه D و A به ترتیب بالاترین میزان فلز سرب و کادمیوم در مزارع B و C کمترین میزان فلزات کادمیوم را داشتند (P<۰/۰۵). غلظت نیکل در گیاه هویج بین ۴ مزرعه A، B، C و D اختلاف معنی‌دار نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ۳).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

جدول ۳. میانگین غلظت فلزات سنگین در چغندر و هویج شهرستان شوش (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

کد مزرعه	چغندر			هویج		
	سرب	کادمیوم	نیکل	سرب	کادمیوم	نیکل
A	۲۴±۰/۱۴ b	۱/۷±۰/۵۶ a	۵۷/۶±۱۶/۲۶ c	۲۰/۸۵±۰/۴۹ b	۳/۵۵±۰/۳۵ a	۴۴/۴۵±۰/۷۷ c
B	۷۰/۰۵±۱۲/۵۱b	۰/۶±۰/۱۴ a	۵۹/۴۵±۲/۷۵ c	۲/۴۵±۰/۰۷ b	۱/۴۵±۰/۶۳ a	۳۵/۹۵±۹/۵۴ c
C	۱۴/۹±۳/۱۱ b	۱/۱۵±۰/۲۱ a	۴۴/۶۵±۷/۹۹ c	۴/۵±۰/۹۸ b	۱±۰/۱۴ a	۳۶/۲۵±۴/۷۳ c
D	۳۴/۵۵±۶/۸۹ b	۱/۸±۰/۰۵ a	۲۲۵/۰۵±۴۸/۴۳c	۳۱/۵±۱/۴۱ b	۰/۹±۰/۱۴ a	۴۱/۴۵±۱/۶۲ c

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P<۰/۰۵).

مقایسه بین غلظت فلزات سنگین در خاک مزرعه چغندر و هویج نشان داد که در هر دو مزرعه، نیکل بالاترین غلظت فلز را در خاک داشت. کادمیوم در مقایسه با نیکل و سرب کمترین غلظت را داشت (P<۰/۰۵). مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در خاک مزارع چغندر و هویج شوش نشان داد که خاک مزرعه چغندر در مقایسه با مزرعه هویج غلظت سرب و کادمیوم کمتری داشت (P<۰/۰۵). فلز نیکل در خاک مزارع چغندر و هویج اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵)، هر چند غلظت فلز نیکل در خاک چغندر کمتر از خاک مزرعه هویج بود. بالاترین غلظت در گیاه چغندر و هویج، نیکل ۹۶/۶۸ و ۳۹/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و کادمیوم با ۲/۰۶ و ۱/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمترین غلظت فلز سنگین را داشت (P<۰/۰۵). سرب در مزرع چغندر با ۳۵/۸۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با مزرعه هویج با ۱۴/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم غلظت بالاتری داشت (P<۰/۰۵). کادمیوم بین مزارع هویج و چغندر اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). نیکل در گیاه چغندر با ۹۶/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در مقایسه با ۳۹/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم میانگین بالاتری داشت (P<۰/۰۵) (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک و محصولات مزارع چغندر و هویج شهرستان شوش (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

نمونه	خاک مزارع کشاورزی			محصولات کشاورزی		
	سرب	کادمیوم	نیکل	سرب	کادمیوم	نیکل
مزرعه چغندر	۶۳/۶۲±۳۲/۷۹b	۲/۹±۰/۵۵a	۳۱۵۰/۶۵±۲۳۱/۷۲c	۳۵/۸۷±۱۴/۱۵b	۲/۰۶±۱/۸۷a	۹۶/۶۸±۴۵/۸۲c
مزرعه هویج	۲۲۵/۲۷±۷۶/۷۲b	۱۴/۴±۳/۹۴a	۳۳۴۸/۸۲±۹۹۶/۲۵c	۱۴/۸۲±۵/۸۳b	۱/۷۲±۱/۲۳ a	۳۹/۵۲±۴/۱۴c

حروف غیر مشابه نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها است (P<۰/۰۵).

بر اساس ضریب تجمع زیستی جدول ۵، نیکل با محدوده ۰/۰۷–۰/۰۱۵۵ کمترین و کادمیوم به جز در مزرعه B در سایر مزارع بالاترین ضریب تجمع زیستی را داشت. گیاه چغندر مزرعه D در مقایسه با گیاهان مزارع A، B و C ضریب تجمع زیستی کادمیوم و نیکل بالاتری داشت. مزرعه B با ضریب تجمع زیستی ۰/۷۰ بالاترین ضریب تجمع زیستی را برای سرب داشت. ضریب تجمع زیستی نیکل، کادمیوم و سرب در هویج به ترتیب محدوده‌ای بین ۰/۰۱۸–۰/۰۰۹، ۰/۲۹–۰/۰۶ و ۰/۱۴–۰/۰۰۷ بود که بر این اساس کادمیوم بالاترین ضریب تجمع زیستی را داشت. بالاترین ضریب تجمع زیستی سرب با ۰/۱۴ در مزرعه D، بالاترین ضریب تجمع کادمیوم با ۰/۲۹ در مزرعه A و بالاترین ضریب تجمع نیکل با ۰/۰۱۸ در مزرعه C اندازه‌گیری شد (جدول ۵).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

جدول ۵. ضریب تجمع زیستی فلزات سنگین در چغندر و هویج شهرستان شوش

کد مزرعه	چغندر			هویج		
	سرب	کادمیوم	نیکل	سرب	کادمیوم	نیکل
A	۰/۴۵	۰/۶۲	۰/۰۱۶	۰/۱۰	۰/۲۹	۰/۰۱۱
B	۰/۷۰	۰/۱۶	۰/۰۱۹	۰/۰۰۷	۰/۰۷	۰/۰۱
C	۰/۳۰	۰/۴۷	۰/۰۱۵	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۱۸
D	۰/۶۳	۱/۷۱	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۰۹

سرب موجود در گیاه چغندر با سرب و کادمیوم خاک به ترتیب در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد همبستگی مثبت داشت. کادمیوم موجود در گیاه چغندر با نیکل موجود در گیاه چغندر در سطح ۰/۰۵ همبستگی مثبت داشت. سرب موجود در خاک مزرعه چغندر با کادمیوم موجود در خاک مزرعه چغندر همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ داشت. بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین خاک مزارعه هویج و گیاه هویج شوش نشان داد فقط سرب موجود در خاک مزرعه هویج با کادمیوم موجود در خاک مزرعه هویج همبستگی مثبت در سطح ۰/۰۵ داشت (جدول ۶).

جدول ۶. بررسی همبستگی بین غلظت فلزات سنگین خاک مزرعه چغندر و گیاه چغندر شهرستان شوش

چغندر	سرب ـ گیاه	کادمیوم ـ گیاه	نیکل ـ گیاه	سرب ـ خاک	کادمیوم ـ خاک	نیکل ـ خاک
سرب ـ گیاه	۱					
کادمیوم ـ گیاه	-۰/۲۲۱	۱				
نیکل ـ گیاه	۰/۰۱۸	۰/۹۶۶*	۱			
سرب ـ خاک	۰/۹۷۱*	-۰/۴۴۵	-۰/۲۱۴	۱		
کادمیوم ـ خاک	۰/۹۹۴**	-۰/۲۹۰	-۰/۰۶۱	۰/۹۸۱*	۱	
نیکل ـ خاک	-۰/۲۳۲	۰/۳۴۶	۰/۲۰۳	-۰/۳۲۲۰	-۰/۱۷۹	۱
هویج	سرب ـ گیاه	کادمیوم ـ گیاه	نیکل ـ گیاه	سرب ـ خاک	کادمیوم ـ خاک	نیکل ـ خاک
سرب ـ گیاه	۱					
کادمیوم ـ گیاه	۰/۱۵۸	۱				
نیکل ـ گیاه	۰/۸۱۳	۰/۶۹۸	۱			
سرب ـ خاک	-۰/۳۵۵	-۰/۱۱۸	-۰/۳۹۳	۱		
کادمیوم ـ خاک	-۰/۲۸۵	-۰/۲۶۷	-۰/۴۳۰	۰/۹۸۵*	۱	
نیکل ـ خاک	۰/۸۱۸	۰/۲۲۱	۰/۶۷۷	۰/۲۳۴	۰/۲۷۵	۱

*همبستگی در سطح ۰/۰۱ **همبستگی در سطح ۰/۰۵

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

بحث

در این تحقیق غلظت هر سه فلز سرب، کادمیوم و نیکل در هویج (به ترتیب ۱۴/۸۲، ۱/۷۲ و ۳۹/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و چغندر (به ترتیب ۳۵/۸۷، ۲/۰۶ و ۹۶/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از آستانه مجاز FAO (سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۳ و ۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، بیشینه رواداری موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (سرب و کادمیوم ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و چین (سرب، کادمیوم و نیکل به ترتیب ۰/۳، ۰/۰۶ و ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر بود. بیشینه میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقت (PTDI)[1] فلزات سرب و کادمیوم بر اساس گزارش موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به ترتیب ۰/۰۰۳۶ و ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن ارائه شده است که با توجه به غلظت این فلزات در چغندر و هویج میزان جذب توسط افراد بالاتر می باشد. *Latif* و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی غلظت فلزات سنگین در سبزیجات غلظت فلزات نیکل را ۵/۰۵–۱/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کادمیوم را ۰/۳۹– ۰/۰۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند[23] که درمورد کادمیوم و نیکل از حد مجاز *WHO* بالاتر می باشد که با یافته‌های حاضر هم خوانی دارد. در مطالعه Tasirna و همکاران (۲۰۱۵) غلظت فلزات نیکل، سرب، کادمیوم در خاک ژاپن را به ترتیب ۳۶/۷۷–۱۸/۲۲، ۱۱۶/۶۶– ۲۱/۲۹، ۰/۸۳۳– ۰/۱، میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کردند[24] که مقایسه مقدار فلزات خاک ژاپن پایین تر از تحقیق حاضر است.

میانگین غلظت سرب در مطالعه حاضر در چغندر و هویج به ترتیب ۳۵/۸۷ و ۱۴/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که میزان سرب در سبزیجات در مطالعه حاضر نسبت به مطالعات انجام شده توسط Garba و Jimoh (۲۰۱۵) با غلظت ۰/۱، ۰/۶۶ و ۰/۶۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای هویج، خیار و بادمجان در سبزیجات آبیاری شده حوضه رودخانه کانو در نیجریه[25]، Chen و همکاران (۲۰۱۴) با غلظت ۰/۰۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم در بخش‌های خوراکی سبزیجات کشت شده[26] هم‌خوانی دارد. میانگین غلظت کادمیوم در چغندرو هویج به ترتیب ۲/۰۶ و ۱/۸۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که میزان کادمیوم در سبزیجات در مطالعه حاضر نسبت به مطالعات انجام شده برای هویج، خیار و بادمجان[25] و سبزیجات[26] همخوانی دارد. میانگین غلظت نیکل در مطالعه حاضر در چغندر و هویج منطقه به ترتیب ۹۶/۶۸ و ۳۹/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در تحقیق دیگری غلظت کادمیوم در چغندر کمتر از سرب و نیکل گزارش شده است است، زیرا گیاهان مکانیزم سم زدایی پیشرفته تری در برابر برخی فلزات سنگین دارند[27]. میزان جذب فلزات سنگین در گیاهان با توجه به نوع و رقم گیاه متفاوت است و جذب این عناصر، بوسیله گیاهان تحت تاثیر نوع و مرحله رشدی گیاه، نوع خاک، نوع فلز و سایر فاکتورهای محیطی می باشد[1,28] و این امر ضریب تجمع زیستی فلزات را در دو گیاه تایید می‌کند. بالاترین ضریب تجمع زیستی در گیاه چغندر مربوط به فلز کادمیوم تعلق داشت و کمترین میزان تجمع زیستی مربوط به نیکل بود. در گیاه هویج بالاترین ضریب تجمع زیستی به فلز کادمیوم و کمترین میزان ضریب تجمع زیستی به نیکل تعلق داشت. سبزیجات ریشه دار که بیشتر در معرض آلودگی های محیطی هستند، نسبت به سایر سبزیجات برگی سطوح بسیار بالاتری از فلزات سمی را جذب می کنند. مشخص شده است که سرب، کادمیوم و غلظت عناصر نیکل در سطوح کم، متوسط یا زیاد در اندام هوایی و ریشه گیاهان تجمع می‌یابد[29,30]. کادمیوم و سرب هیچ نقش فیزیولوژیکی یا متابولیکی در گیاهان ندارند، اما وجود آن‌ها حتی در غلظت های پایین تر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تأثیر منفی می گذارد[27].

1.Provisional Tolerable Daily Intake

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

بنابراین در مطالعات متعددی گزارش شده است که فلزات سنگین در چغندر و هویج در غلظت های متفاوت تجمع می یابد[19,28]. این تفاوت ناشی از تفاوت جذب عناصر سنگین به وسیله گیاهان است، به عبارت دیگر گونه‌های مختلف در دوره رشد، سرعت رشد و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر روی ضریب جذب فلزات سنگین موثر است[2,18,31]. پژوهشگران عنوان کردند که دسترسی زیستی گیاه به فلزات تحت تاثیر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، ژنوتیپ گیاهی و مدیریت اگرونومیک، میزان مواد آلی، بافت خاک بستگی دارد که این امر ضریب تجمع زیستی فلزات در گیاه را تایید می‌کند[1,28,32].

در این پژوهش مقایسه بین غلظت فلزات سنگین در خاک مزرعه چغندر و هویج نشان داد که در هر دو مزرعه، نیکل بالاترین غلظت فلز را در خاک داشت. کادمیوم در مقایسه با نیکل و سرب کمترین غلظت را داشت ($P<0/05$). مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در خاک مزارع چغندر و هویج شوش نشان داد که خاک مزرعه چغندر در مقایسه با مزرعه هویج غلظت سرب و کادمیوم کمتری داشت ($P<0/05$). بنابراین با توجه به تجزیه و تحلیل داده های سرب، کادمیوم و نیکل در خاک مزارع هویج و چغندر شهرستان شوش، نقادیر بالای فلزات سنگین در نمونه های خاک تعیین شده است. وجود رودخانه های دز و کرخه و سدهای بزرگ این اکوسیستم های آبی موجب توسعه شهرنشینی و روستاهای این منطقه و در نهایت سبب رونق فراوان کشاورزی در حاشیه و اطراف شهرستان شوش شده است. چنین به نظر می رسد که استفاده از سموم کشاورزی و کودهای شیمیایی سبب افزایش غلظت فلزات سنگین نظیر سرب و کادمیوم در خاک می گردد[27]. از سوی دیگر، دلیل وجود مقادیر بالای فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و گیاه، نتیجه افزایش مواجهه با مواد شیمیایی محلول در اثر خشکسالی و کاهش کیفیت آب آبیاری است[33]. همچنین صنایعی که در حال حاضر در زمینه صنعت در شهرستان شوش فعالیت می کنند شامل کشت و صنعت هفت تپه و میاناب، کارخانه شیر پگاه شوش، کاغذسازی پارس، کارخانه قند، دستمال کاغذی حریر پارس، تولید ادوات کشاورزی، کارخانه آرد شوش، واحدهای بسته بندی گلباران و پاک چوب می باشند. مطالعات و تحقیقات متعددی بیان کردند که فعالیت های صنعتی انسان می توانند مقادیر قابل توجهی فلزات سنین نظیر سبر، کادمیوم و نیکل را وارد محیط زیست کنند[2,3,12]، بنابراین چنین استنباط می گردد که آلودگی بالای فلزات سنگین مورد مطالعه در خاک مزارع کشاورزی چغندر و هویخ و همچنین این محصولات خوراکی می تواند به دلیل صنایع مختلف مستقر در شهرستان شوش نیز باشد.

در این تحقیق مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک مزارع هویج (سرب، کادمیوم و نیکل به ترتیب ۶۳/۶۲، ۲/۹۰ و ۳۱۵۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و چغندر (سرب، کادمیوم و نیکل به ترتیب ۲۲۵/۲۷، ۱۴/۴۰ و ۳۳۴۸/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با استاندارد کیفیت منابع خاک سازمان حفاظت محیط زیست ایران (سرب، کادمیوم و نیکل به ترتیب ۵۰، ۱ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بالاتر بود. متداول‌ترین فلزات سنگین حاصل از آلاینده‌های صنعتی و کشاورزی در خاک شامل نیکل، سرب و کادمیوم می‌باشند[12,32]. در پاکستان غلظت کادمیوم در نمونه های خاک اسلام آباد از ۶/۱–۵/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم با مقدار متوسط ۵/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است[34]. مقدار کادمیوم در شالیزار و محصولات زراعی به ترتیب در دامنه ۰/۳۷۰–۰/۱۱۶ میلی–گرم بر کیلوگرم و ۰/۳۷۰–۰/۳۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در نواحی فیصل آباد پاکستان گزارش شده است[35]. فعالیت‌های صنعتی، شهری و کشاورزی به طور معنی‌داری غلظت کادمیوم کل را تحت تأثیر قرار می‌دهند. آتش‌سوزی جنگل‌ها و آتشفشان‌ها منابع مهم ورود فلز کادمیوم به محیط‌زیست هستند، اما منابع اصلی ورود فلز کادمیوم از راه فعالیت‌های انسان‌زاد و تولید پساب‌های صنعتی می باشد[36]. کادمیوم در صنعت به عنوان ماده ضد اصطکاک، کاتالیزگر، ضد زنگ، ترکیب آلیاژها به کار می‌رود. کادمیوم همچنین در نیمه هادی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

های محافظ میله در راکتورهای هسته‌ای، آبکاری فلزات، سرامیک سازی، کارخانجات پی وی سی و صنایع پلاستیک سازی، تولید باتری ها، ترکیبات قارچ کش، روغن موتور، لاستیک سازی و عکاسی *کاربرد دارد*. مصرف عمده این عنصر به عنوان تثبیت کننده و رنگدانه در صنایع پلاستیک و الکترولیز می باشد اما بخش اصلی آن در لحیم کاری ها و به عنوان آلیاژ در باطری های نیکل، کادمیوم به کار گرفته می شود. کودهای شیمیایی فسفاته نیز منتشر کننده فلز کادمیوم در زمین های کشاورزی هستند[۱۶،۱۷]. نیکل یکی دیگر از فلزات سنگین است که سمی، سرطان زا و خطرناک برای انسان، گیاهان و حیوانات است و از طریق فعالیت‌های انسانی وارد خاک محیط می‌شود. نیکل آزاد شده در خاک از ذوب فلزات، سوزاندن سوخت‌های فسیلی حاوی نیکل، پساب شهری، جامدات زیستی، ناخالصی های موجود در کودها و معادن می باشد[۱۲]. سرب یک ماده سنگین موجود در خاک، گیاهان و آب است. بیشتر در لایه بالایی خاک به دلیل رسوب هوای حاوی دود وسایل نقلیه وجود دارد[۳۷]. سرب از مواد شیمیایی معدنی، صنعتی و کشاورزی آزاد می‌شود. در خاک‌های غیر آلوده، غلظت سرب به طور کلی کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. غلظت سرب در پوشش گیاهی در حال رشد در چنین خاک هایی اغلب کمتر از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک است. سرب خاک در محدوده ۱۰ تا ۲۹۳ میلی گرم در کیلوگرم در مناطق کشاورزی و در مناطق شرکت های تولید کننده آفت‌کش‌ها ۵۷/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در راجستان، منطقه هند مشاهده شد[۳۸]. از سوی دیگر فلزات سنگین نیکل و سرب از طریق استفاده از کودهای شیمیایی، قارچ کش ها در مزارع کشاورزی و باغات و لجن فاضلاب‌های شهری و روستایی وارد خاک می‌شوند. همچنین مناطق مسکونی و شهری و روستایی به دلیل ترافیک و تردد خودروها و عبور و مرو وسایل نقلیه سبک و سنگین به واسطه دود حاصل از احتراق بنزین و گازوییل، وسایل و تجهیزات مصرفی مانند لنت، روغن موتور، گریس و مشتقات نفتی سبب افزایش فلزات سنگین خاک نظیر سرب و نیکل گردد[۳۲].

نتیجه‌گیری

غلظت کادمیوم، سرب و نیکل در خاک و گیاه چغندر و هویج بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود. با توجه به مصرف بالای سبزیجات و خطرات بالقوه تجمع فلزات سنگین و ارتباط آن با بعضی از بیماری‌ها و سرطان‌های دستگاه گوارش، پایش منظم محصولات عرضه شده توسط گروههای وابسته به تحقیقات صنایع غذایی و انسیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور و اداره کل آزمایشگاه‌های کنترل غذا، وزارت بهداشت، درمان وآموزش پزشکی و دارویی دانشگاه‌های علوم پزشکی کشور توصیه می‌شود. همچنین آموزش به کشاورزان درمورد نحوه استفاده صحیح از کودهای شیمیایی و جهت‌دهی تحقیقات کشاورزی از مصرف کودهای شیمیایی به مصرف کودهای آلی پیشنهاد می‌گردد. آموزش عمومی و همگانی به شکل گسترده و سازمان یافته در سطوح مختلف جامعه اعم از مدیران، دانشجویان، سرمایه داران و عامه مردم در رابطه با آلودگی فلزات سنگین و اثرات زیان بار آن بر محیط زیست و انسان‌ها ضروری به نظر می رسد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

References

1. Asrade B, Ketema G. Determination of the selected heavy metal content and its associated health risks in selected vegetables marketed in Bahir Dar town, Northwest Ethiopia. Journal of Food Quality. 2023;2023(1):7370171.
2. Leblebici Z, Kar M. Heavy metals accumulation in vegetables ırrigated with different water sources and their human daily intake in Nevsehir. Journal of Agricultural Science and Technology. 2018;20:401-415.
3. Chopra AK, Pathak C. Accumulation of heavy metals in the vegetables grown in wastewater irrigated areas of Dehradun, India with reference to human health risk. Environmental monitoring and assessment. 2015;187:1-8.
4. Gupta S, Satpati S, Nayek S, Garai D. Effect of wastewater irrigation on vegetables in relation to bioaccumulation of heavy metals and biochemical changes. Environmental monitoring and assessment. 2010;165:169-77.
5. Seyedifar R, Asefi N, Maghsoudlou Y. Effect of ultrasound waves pretreatment on quantity and antioxidant capacity of extracted beta-carotene from carrot residue. Food Hygiene. 2014; (2): 63-75. [In Persian].
6. Singh BK, Koley TK, Maurya A, Singh PM, Singh B. Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (Daucus carota subsp. sativus Schubl. & Martens). Physiology and Molecular Biology of Plants. 2018;24:899-907.
7. Sharma KD, Karki S, Thakur NS, Attri S. Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. Journal of food science and technology. 2012;49(1):22-32.
8. Mirmiran P, Houshialsadat Z, Gaeini Z, Bahadoran Z, Azizi F. Functional properties of beetroot (Beta vulgaris) in management of cardio-metabolic diseases. Nutrition & metabolism. 2020;17:1-15.
9. Clifford T, Howatson G, West DJ, Stevenson EJ. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. Nutrients. 2015;7(4):2801-22.
10. Kumar S, Brooks MS. Use of red beet (Beta vulgaris L.) for antimicrobial applications—a critical review. Food and bioprocess technology. 2018;11:17-42.
11. Solgi E, Bahonar Z. Risk assessment of heavy metals via consumption of house sparrow by Dezful natives. Food Hygiene. 2021;11(41):87-97. [In Persian].
12. Ghasemian Yadeghari R, Karamibonari AR, Movassagh MH. Determination of lead and cadmium contents in autumn and spring honey in Delfan, Lorestan. Food Hygiene. 2023;13(49):47-52. [In Persian].
13. Karimi Shushtari A, Mohammadi Roozbahani M. Investigating the concentration of heavy metals (Ni / Pb / Cd) in spinach (Spinacia oleraceae) with the effect of atmospheric dry precipitation (case study: upstream and downstream of Ramin Ahvaz power plant). Journal of Environmental Science and Technology. 2022;24(1):39-52. [In Persian].
14. Fouladi M, Mohammadi Rouzbahani M, Attar Roshan S, Sabz Alipour S. Health risk assessment of potentially toxic elements in common cultivated rice (Oryza sativa) emphasis on environmental pollution. Toxin Reviews. 2021;40(4):1019-34.
15. Naser HM, Sultana S, Mahmud NU, Gomes R, Noor S. Heavy metal levels in vegetables with growth stage and plant species variations. Bangladesh Journal of Agricultural Research. 2011;36(4):563-74.
16. Zor M, Kocaoba S. Determination of metal contents in some green leafy vegetables in Marmara region of Turkey. SN Applied Sciences. 2023;5(6):154.
17. Ghanavati M, Mohammadi Roozbahani M, Payandeh Kh. Investigation of Concentration of Heavy Metals in Lead, Nickel, Arsenic and Cadmium in Soil, Parsley Vegetables and Downstream of Karun River. Journal of Innovation in Food Science and Technology. 2021;13:147-157. [In Persian].
18. Pazalja M, Sulejmanovic J, Begic S, Salihovic M. Heavy metals content and health risk assessment of selected leafy plants consumed in Bosnia and Herzegovina. Plant, Soil & Environment. 2023;69(4).
19. Mugivhisa LL, Ramaano T, Oladeji OM, Olowoyo JO. Heavy metals levels in Spinacia oleracea and Daucus carota harvested from soil treated with different amounts of sewage sludge in Pretoria, South Africa. DOI:10.21203/rs.3.rs-3550933/v1.
20. Bahemuka TE, Mubofu EB. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania. Food Chemistry. 1999;66(1):63-66.
21. Johnson CM, Ulrich A. Analytical Methods for Use in Plant Analysis. Bulletin 766. University of California Agricultural Experiment Station, Berkeley, C A. 1959.
22. Kimbrough DE, Wakakuwa JR. Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. Environmental Science & Technology. 1989;23(7):898-900.
23. Latif A, Bilal M, Asghar W, Azeem M, Ahmad MI, Abbas A, Ahmad MZ, Shahzad T. Heavy metal accumulation in vegetables and assessment of their potential health risk. Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2018;5(234):2380-2391.
24. Tasrina RC, Rowshon AA, Mustafizur AM, Rafiqul I, Ali MP. Heavy metals contamination in vegetables and its growing soil. Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2015;2(142):2.
25. Garba I, Jimoh W. Evaluation of heavy metal and macro-elements in irrigated vegetables from challawa-yandanko and kano river basin project, in Nigeria. International Journal of Scientific Research and Engineering Studies. 2015;2:35-41.
26. Chen Y, Wu P, Shao Y, Ying Y. Health risk assessment of heavy metals in vegetables grown around battery production area. Scientia agricola. 2014;71:126-32.
27. Janssens TK, Roelofs D, Van Straalen NM. Molecular mechanisms of heavy metal tolerance and evolution in invertebrates. Insect Science. 2009;16(1):3-18.
28. Bzhwen MA, RAHIM B, Ahmed Z, Neima HA, Fattah N. Determination of Heavy Metal Uptake and Transfer Factors in Swiss-Chard (Beta vulgaris)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]

Irrigated with Different Water Sources. ProEnvironment Promediu. 2022;15(50).
29. Wang QR, Cui YS, Liu XM, Dong YT, Christie P. Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites inS China. Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2003;38(5):823-38.
30. Adeyeye EI. Trace metals in soils and plants from Fadama farms in Ekiti State, Nigeria. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia. 2005;19(1):23-34.
31. Luo C, Liu C, Wang Y, Liu X, Li F, Zhang G, Li X. Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, south China. Journal of hazardous materials. 2011;186(1):481-90.
32. Lasat MM. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. Journal of environmental quality. 2002;31(1):109-20.
33. Marvin HJ, Kleter GA, Noordam MY, Franz E, Willems DJ, Boxall A. Proactive systems for early warning of potential impacts of natural disasters on food safety: Climate-change-induced extreme events as case in point. Food Control. 2013;34(2):444-56.
34. Faiz Y, Tufail M, Javed MT, Chaudhry MM. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along islamabad expressway, Pakistan. Microchemical Journal. 2009;92(2):186-92.
35. Nawaz AL, Khurshid KA, Arif MS, Ranjha AM. Accumulation of heavy metals in soil and rice plant (Oryza sativa L.) irrigated with industrial effluents. International Journal of Agriculture Biology. 2006;8:391-3.
36. Jin Y, O'Connor D, Ok YS, Tsang DC, Liu A, Hou D. Assessment of sources of heavy metals in soil and dust at children's playgrounds in Beijing using GIS and multivariate statistical analysis. Environment international. 2019;124:320-8.
37. Reimann C, De Caritat P. Chemical elements in the environment: factsheets for the geochemist and environmental scientist. Springer Science & Business Media; 2012.
38. Krishna AK, Govil PK. Heavy metal distribution and contamination in soils of Thane–Belapur industrial development area, Mumbai, Western India. Environmental Geology. 2005;47:1054-1061.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-05-28]

[DOI: 10.61186/jehe.11.4.443]