Evaluation of the Amount of Heavy Metals in Potato and Soil of Agricultural Lands in Sefid Dasht- Chaharmahal and Bakhtiari Province in 2017

Abbas Khodabakhshi [1], Fazel Mohammadi-Moghadam [2], Sara Hemati [3], Kobra Shakeri Boroujen [4]

1. Associate Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran. ORCID ID: 0000-0002-5414-6383
2. Associate Professor of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran. ORCID ID: 0000-0002-7236-0529
3. Ph.D. Candidate of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran, ORCID ID: 0000-0002-9974-9657
4. Masters of Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran. (Corresponding Author), Tel: +98-03833330064, Email: k_shakeri2006@yahoo.com. ORCID ID: 0000-0002-8759-909X

ABSTRACT

Background and Aim: Irrigation with wastewater and the use of sludge as fertilizer is one of the important issues related to health and environmental concerns. The purpose of this study was to determine the amount of heavy metals of arsenic, cadmium and lead in potato and soil of agricultural lands in Sefid Dasht in Chaharmahal and Bakhtiari Province.

Materials and Methods: This study was an experimental-laboratory study. Samples were obtained from three agricultural lands with an average area of one hectare. Hach digestion and Sandstone were used for digestion of soil and potato samples, respectively. Finally, the concentrations of heavy metals were measured using Varian atomic absorption spectrophotometer (AA240 model).

Results: The results of this study showed that lead metal had the highest rate of accumulation in soil and potato. The calculated transfer factor was according to the Arsenic > Cadmium > Lead pattern.

Conclusions: According to the results of this study, measures should be taken to prevent contamination of the soil by heavy elements. Therefore, the amount of heavy elements in the soil of Sefid Dasht should be controlled by reducing use of livestock manure and chemical fertilizers.

Keywords: Heavy metal, Potato, Soil.

Received: Mar 28, 2020 **Accepted:** April 27, 2021

How to cite the article: Abbas Khodabakhshi, Fazel Mohammadi-Moghadam, Sara Hemati, Kobra Shakeri Boroujen . Evaluation of the Amount of Heavy Metals in Potato and Soil of Agricultural Lands in Sefid Dasht- Chaharmahal and Bakhtiari Province in 2017 . SJKU 2021;27(1):115-125.

Copyright © 2018 the Author (s). Published by Kurdistan University of Medical Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial License 4.0 (CCBYNC), where it is permissible to download, share, remix, transform, and buildup the work provided it is properly cited. The work cannot be used commercially without permission from the journal

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

ارزیابی مقدار فلزات سنگین در سیب‌زمینی و خاک زمین‌های کشاورزی منطقه سفید دشت استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۶

عباس خدابخشی[۱]، فاضل محمدی مقدم[۲]، سارا همتی[۳]، کبری شاکری بروجنی[۴]

۱. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۵۴۱۴-۶۳۸۳

۲. دانشیار مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۷۲۳۶-۰۵۲۹

۳. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط؛ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران. کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۹۹۷۴-۹۶۵۷

۴. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران (نویسنده مسئول). **تلفن:** ۰۳۸۳۳۳۳۰۰۶۱، پست الکترونیک: k_shakeri2006@yahoo.com، کد ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۸۷۵۹-۹۰۹X

چکیده

زمینه و هدف: آبیاری با پساب فاضلاب و استفاده از لجن به عنوان کود یکی از نگرانی‌های مهم مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی است. هدف این پژوهش تعیین مقدار فلزات سنگین ارسنیک، کادمیوم و سرب در سیب‌زمینی و خاک زمین‌های کشاورزی منطقه سفید دشت استان چهارمحال و بختیاری است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق یک مطالعه تجربی- آزمایشگاهی است. نمونه‌برداری از سه قطعه زمین کشاورزی به طور میانگین به مساحت یک هکتار انجام شد. به منظور هضم نمونه‌های خاک و سیب زمینی به ترتیب از هاضم Hach و اجاق شنی استفاده شد. در نهایت با استفاده از دستگاه جذب اتمی Varian مدل AA240 غلظت فلزات سنگین قرائت شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد که فلز سرب بیش‌ترین تجمع پذیری را در خاک و سیب‌زمینی دارد. همچنین میانگین غلظت فلزهای کادمیوم، آرسنیک و سرب در سیب‌زمینی پایین‌تر از حدود استاندارد بود. فاکتور انتقال از الگوی آرسنیک > کادمیوم> سرب پیروی کرد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این مطالعه باید اقداماتی در جهت پیشگیری از ورود بیش از حد عناصر سنگین به خاک صورت گیرد؛ بنابراین باید با کاهش مقدار مصرف کودهای دامی و شیمیایی وضعیت عناصر سنگین در منطقه سفید دشت را کنترل نمود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، سیب زمینی، خاک، زمین‌های کشاورزی

وصول مقاله:۹۹/۱/۹ اصلاحیه نهایی:۹۹/۱۲/۲۴ پذیرش: ۱۴۰۰/۲/۷

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

مقدمه

منابع آب زیرزمینی در ایران و سایر نقاط دنیا به عنوان مهم‌ترین منابع تأمین آب کشاورزی و آشامیدنی به کار می‌رود (۱). امروزه به علت رشد صنعتی، اکثر کارخانه‌ها، نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها با آب سر و کار دارند و نتیجه آن آلودگی آب است. از ابتدای دهه ۱۹۷۰ توجه روزافزونی بر روی تأثیر فلزات سنگین مثل کروم، کادمیوم، نیکل، کبالت، روی و مس بر سلامت انسان و اکوسیستم‌های زیست محیطی شده است (۲-۵). محققان معتقدند که در حال حاضر مجموع سمیتی که در اثر فلزات سنگین به محیط زیست وارد می‌شود بیش از سمیت تمام زباله‌های آلی و مواد رادیواکتیو است (۶). فلزات سنگین از مسیرهای مختلف مانند ریزش‌های جوی، استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی، کمپوست، لجن فاضلاب و آفت‌کش‌ها به خاک وارد می‌شوند (۶, ۷). آلودگی محیط‌زیست به وسیله فلزات سنگین یک مشکل اساسی است؛ زیرا این قبیل فلزات در سیستم‌های اکولوژیکی تجمع می‌یابند و با افزایش تدریجی غلظت آن‌ها باعث ایجاد آثار سوء و نامطلوب متعددی در آن سیستم‌ها می‌شوند (۳, ۴). مطالعات مختلف نشان می‌دهد که تجمع بیش از حد فلزات می‌تواند تأثیر نامطلوبی بر روی کارکرد ارگان‌های مختلف بدن نظیر کبد، کلیه، سیستم اعصاب، دستگاه گوارش و پوست داشته و باعث ایجاد سرطان در بافت‌های مختلف بدن گردد (۷).

افزایش غلظت آرسنیک در آب آشامیدنی، باعث ایجاد مسمومیت مزمن، ضعف عمومی در عضلات، کاهش اشتها، تهوع، استفراغ و اسهال، التهاب غشاهای مخاطی چشم و بینی و حنجره، ضایعات پوستی، کم‌خونی و کاهش گلبول‌های سفید، تظاهرات عصبی و تومورهای بدخیم در اندام‌های مهم و حیاتی بدن می‌شود (۸). کادمیوم از جمله فلزاتی است که بالاترین رتبه را از لحاظ سرطان‌زایی دارد و در کبد و کلیه تجمع می‌یابد. کادمیوم باعث ایجاد ضایعات کلیوی، افزایش فشارخون، جهش زایی و سرطان زایی و در نهایت اختلال در عملکرد اعضای بدن می‌شود (۸, ۹). فلز سرب نیز در گروه ترکیباتی که سرطان‌زایی آن برای انسان محتمل است،دسته‌بندی می‌گردد. مسمومیت با سرب می‌تواند باعث آسیب شدید به سیستم عصبی مرکزی، سیستم تولید مثل، کلیه و کبد، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان شود (۱)

کشور ایران به دلیل قرارگرفتن در کمربند خشک زمین با بحران آب مواجه می‌باشد که این امر سبب گردیده جهت جبران بخشی از نیاز آبی از آب‌های نامتعارفی مانند پساب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی و لجن به عنوان کود استفاده شود. کشاورزان به دلیل در دسترس بودن منابع خوب نوترینت و مواد آلی پساب و لجن جهت افزایش محصولات کشاورزی خود، به استفاده از آنها در زمین‌های کشاورزی تمایل نشان می‌دهند، در حالی که کود و مواد معدنی منابع مهم آلودگی محیط زیست هستند (۱۰-۱۳). خاک، مخزن اولیه فلزات سنگین می‌باشد. آبیاری خاک با فاضلاب و استفاده از لجن فاضلاب و کود شیمیایی باعث تجمع فلزات سنگین به خصوص کروم، روی، سرب، کادمیوم، نیکل و غیره در سطح خاک می‌شود. همچنین می‌توان گفت فلزات سنگین از طریق جذب از خاک‌های آلوده و تماس قسمت‌های گیاه در مواجهه با هوای آلوده وارد گیاه می‌شوند (۱۴-۱۶).

فاکتور انتقال (TF: Transfer factor) توانایی بیولوژیکی انتقال فرم‌های مختلف فلزات سنگین از خاک به قسمت‌های مختلف گیاه را نشان می‌دهد. این فاکتور یک شاخص مهم است که مواجهه انسان با فلزات سنگین در زنجیره غذایی را نشان می‌دهد. فاکتور انتقال تابعی از فاکتورهایی چون pH خاک، سایز ذرات خاک، مواد آلی موجود در خاک و غلظت فلزات سنگین در خاک است (۸, ۱۱). برای تعیین هر ضریب انتقال، باید به این نکته توجه داشت که حتماً هر نوع گیاه با نمونه خاک مربوط به خود در نظر گرفته شود. فاکتور انتقال از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد:

رابطه ۱: $$TF = Mpc/Msc$$

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

که در آن TF فاکتور یا ضریب انتقال، Mpc غلظت فلز در گیاه (mg/kg) و Msc غلظت فلز در خاک (mg/kg) است (۱۷).

ازآنجایی‌که در کشورهای در حال توسعه مصرف سبزی‌ها بیشتر از گوشت در بین مردم رواج پیدا کرده است در نتیجه آلودگی این محصولات به فلزات سنگین از طریق آبیاری با پساب فاضلاب و استفاده از لجن به عنوان کود یکی از نگرانی‌های مهم مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی است. همچنین خوردن غذا منبع اصلی مواجه انسان با عناصر عاملی غیر ضروری از جمله آرسنیک، سرب و کادمیوم است (۱۸). با توجه به این که سفید دشت از توابع شهرستان بروجن، مهم‌ترین مرکز تولید سیب‌زمینی استان چهارمحال و بختیاری است و ۴۵ درصد بذر مورد نیاز کشور را تأمین می‌کند و کشت این محصول به خاطر مقاومت در برابر سرمازدگی و بازار خوب مورد توجه کشاورزان این استان است. همچنین با در نظر گرفتن این حقیقت که بحران کاهش منابع آبی منجر به استفاده گسترده از پساب و لجن در کشت محصولات کشاورزی شده است، انجام این مطالعه امری ضروری و آشکار به نظر می‌رسد؛ لذا هدف این پژوهش تعیین مقدار فلزات سنگین ارسنیک، کادمیوم و سرب در سیب‌زمینی و خاک زمین‌های کشاورزی منطقه سفید دشت استان چهارمحال و بختیاری است. همچنین از آنجا که گیاهان غده‌ای در تماس مستقیم با آب قرار داشته و احتمال جذب فلزات را به طور مستقیم از آب و یا خاک دارند؛ لذا در این تحقیق گیاه سیب‌زمینی که در کشاورزی سفید دشت از اهمیت بالایی برخوردار است مورد بررسی قرار گرفته است. ضمن اینکه مصرف بالای سیب زمینی در جامعه، حساسیت بررسی این گونه را در منطقه افزایش داده است.

مواد و روش ها

این تحقیق یک مطالعه تجربی است و به منظور ارزیابی مقدار فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در سیب زمینی و خاک زمین‌های کشاورزی منطقه سفید دشت استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۶ در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. ابتدا مشخصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا به کمک دستگاه GPS ثبت شد، دمای هوا و جنس خاک، کشت در مزارع، نوع آبیاری و منبع آبیاری تعیین شد.

نمونه برداری:

در این مطالعه روش نمونه‌گیری، خوشه‌ای چند مرحله‌ای بود و نمونه‌گیری بر اساس مساحت زمین مورد مطالعه انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. تعداد نمونه از هر مزرعه ۹ عدد و مجموعاً ۲۷ نمونه سیب زمینی و ۲۷ نمونه خاک مورد آزمایش قرار گرفت. ۳ مزرعه که عمده کشت سیب‌زمینی را در سفید دشت داشتند به عنوان جامعه هدف انتخاب شدند. سپس از هر مزرعه ۳ قطعه زمین کشاورزی حدوداً به مساحت ۱ هکتار انتخاب شد و از هر هکتار ۳ نمونه برداشت گردید. همه نمونه‌ها به‌صورت سه بار تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. نمونه‌ها در پاکت‌های پلاستیکی نگهداری و برچسب‌گذاری شد و به آزمایشگاه ارسال گردید. سیب‌زمینی‌ها بعد از جدا کردن پوستشان با آب مقطر شستشو و سپس خرد گردیده و در آخر جهت خشک شدن و آماده سازی برای هضم به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه فور در دمای ۱۰۰°C قرار داده شدند (۱۶, ۱۸, ۱۹). نمونه‌ی خاک به وزن ۵۰۰ گرم در فاصله ۱۰۰ میلی‌متری از ریشه گیاه از چاله‌ای در سایز (۱۵×۱۰×۱۰) و از عمق ۳۰ سانتی-متری به وسیله حفار پلاستیکی جمع‌آوری گردید و در کیسه-ای پلاستیکی جهت آماده‌سازی به آزمایشگاه ارسال شد. مقداری از آن را در پلیت شیشه‌ای ریخته و به مدت ۴۸ ساعت در فور در دمای ۱۰۰°C قرار داده شد (۱۶, ۲۰).

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی مزارع کشت سیب‌زمینی سفید دشت. این تصویر موقعیت جغرافیایی محل‌های نمونه‌برداری، شامل ۳ مزرعه دارای کشت عمده سیب‌زمینی را در سفید دشت نشان می‌دهد.

مواد و وسایل مورد استفاده:

در این مطالعه از دستگاه فور جهت خشک کردن نمونه‌ها با دمای ۱۰۰ °C، هاضم Hach از شرکت هک آمریکا برای هضم نمونه‌های خاک، اجاق شنی به منظور هضم نمونه‌های سیب زمینی و از دستگاه جذب اتمی Varian مدل AA220 جهت تعیین فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در آزمایشگاه رفرانس استفاده شد. به منظور هضم نمونه‌های سیب‌زمینی و خاک از اسیدسولفوریک (H_2SO_4, 96%)، پر اکسید هیدروژن (H_2O_2, 35%) و اسید نیتریک (HNO_3, 65%) استفاده شد. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

هضم نمونه های سیب‌زمینی:

برای هضم نمونه‌های آماده شده سیب‌زمینی از دستگاه اجاق شنی استفاده شد. به این صورت که به ۵ گرم از نمونه سیب‌زمینی، ۵ میلی‌لیتر HNO_3 (65%) اضافه شد و سپس در دستگاه اجاق شنی با درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و زمانی که مقدار نمونه به حجم کمتر از ۱ میلی‌لیتر رسید مراحل انجام شده برای بار دوم و سوم تکرار گردید و سرانجام نمونه از کاغذ صافی شماره ۴۲ عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد (۸).

هضم نمونه های خاک:

برای هضم نمونه‌های آماده شده خاک از دستگاه Hack مدل ۲۳۱۳۰-۲۰ استفاده گردید. به طوری که یک گرم از نمونه خاک با ترازوی دیجیتالی وزن و ۶ میلی‌لیتر H_2SO_4(96%) به آن اضافه شد، سپس در دستگاه هاضم با درجه حرارت °C ۴۴۵ به مدت ۴ دقیقه قرار داده شد و بعد از آن ۱۵ میلی‌لیتر H_2O_2 (35%) به آن اضافه و به مدت یک دقیقه جوشانده شد و در آخر از فیلتر شماره ۴۲ عبور داده و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد (۲۱).

روش آنالیز و تجزیه و تحلیل داده‌ها:

آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۳ انجام شد. جهت توضیح غلظت فلزات سنگین از میانگین و انحراف معیار استفاده شد. جهت تعیین ارتباط بین غلظت فلزات سنگین در خاک و سیب‌زمینی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و تحلیل همبستگی انجام شد. مقادیر P-value کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

یافته ها

غلظت فلزات سنگین در خاک:

غلظت فلزات سنگین در خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول بالاترین غلظت فلزات سنگین در خاک منطقه سفید دشت مربوط به فلز سرب به مقدار ۳۲/۵۹ mg/kg است و میانگین غلظت فلز کادمیوم، آرسنیک و سرب خاک پایین تر از حدود استاندارد است.

جدول ۱: میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک مزارع سیب‌زمینی سفیددشت.

فلز سنگین	سطح استاندارد (mg/kg)	میانگین (mg/kg)	حداقل	حداکثر	SD
سرب	۱۰۰[a]	۳۲/۵۹	۲۴	۳۷/۸	۳/۵۶
کادمیوم	۳[b]	۱/۹۹	۱/۷۲	۲/۵	۰/۱۹۷
آرسنیک	۶[c]	۰/۱۱۸	۱۰۴/۱	۱۴۷/۱	۱۱/۳۸

a: استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران IRNDOE

منبع b: (۳۳)

منبع c: (۳۴)

غلظت فلزات سنگین در سیب‌زمینی:

جدول ۲ میانگین غلظت فلزات سنگین را در سیب‌زمینی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

در جدول ۲ مشاهده می‌شود که بالاترین غلظت فلز سنگین در سیب‌زمینی مربوط به فلز سرب به مقدار ۰/۰۳۹۹ mg/kg است. همچنین جدول ۲ نشان می‌دهد غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم و آرسنیک در سیب زمینی پایین تر از حد استاندارد است.

جدول ۲: میانگین غلظت فلزات سنگین در سیب زمینی مزارع سفیددشت.

فلز سنگین	سطح استاندارد (mg/kg)		میانگین (mg/kg)	حداقل	حداکثر	SD
	استاندارد ۱۲۹۶۸ایران(۳۵)	استاندارد انگلیس(۳۶)				
سرب	۰/۲	–	۰/۰۳۹۹	۰/۰۳۲۲	۰/۰۴۸۳	۴/۷۱
کادمیوم	۰/۱	–	۰/۰۲۳۱	۰/۰۱۶۲	۰/۰۳۵۴	۴/۸۷
آرسنیک	–	۵	۰/۰۱۳۵	۰/۰۱۱	۰/۰۱۷۶	۱/۷۹

فاکتور انتقال :

نتایج مربوط به فاکتور انتقال در جدول ۳ نشان داده شده است.

در این مطالعه مقایسه ضریب انتقال از خاک به غده‌های سیب‌زمینی نشان داد که بیشترین میزان آن به ترتیب مربوط به آرسنیک، کادمیوم و سرب است.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

جدول ۳: فاکتور انتقال فلزات سنگین برای سیب‌زمینی رشد یافته در مزارع سفیددشت.

فلزات سنگین	TF آرسنیک	TF کادمیوم	TF سرب
سیب‌زمینی	۰/۱۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱

آنالیز همبستگی:

با توجه به مقادیر p-value و ضرایب همبستگی پیرسون ارائه شده در جدول ۴، ارتباط معنی‌داری بین غلظت فلزات سنگین در سیب‌زمینی و خاک مشاهده گردید به طوری که با افزایش غلظت سرب، آرسنیک و کادمیوم در خاک بر غلظت سرب، آرسنیک و کادمیوم موجود در سیب زمینی نیز افزوده می‌شود.

جدول ۴: نتایج ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت فلزات سنگین در خاک و سیب زمینی.

فلز	ضریب همبستگی پیرسون	Sig P≤0.005
سرب	۰/۷۰۳	<۰/۰۰۰۱
آرسنیک	۰/۴۲۱	۰/۰۲۹
کادمیوم	۰/۵۰۹	۰/۰۰۷

بحث

غلظت فلزات سنگین در خاک :

با توجه به جدول شماره ۱ بالاترین غلظت فلزات سنگین در خاک مزارع تحت پوشش منطقه سفید دشت مربوط به فلز سرب به مقدار mg/kg ۳۲/۵۹ است و به دنبال آن فلز کادمیوم و آرسنیک به ترتیب دارای مقادیر ۱/۹۹ و ۰/۱۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است که این مقادیر پایین‌تر از حدود استاندارد است که می‌توان آن را نشان دهنده خصوصیات فیزیکوشیمیایی طبیعی خاک مزارع تحت پوشش منطقه سفید دشت دانست. این نتیجه با مطالعه برزین و همکاران در سال ۱۳۹۲ در خصوص میانگین فلز سرب در خاک‌های سطحی استان همدان همخوانی دارد (mg/g ۲۵/۶۶). آن‌ها گزارش دادند که در سنگ بستر ماسه‌سنگ و شیل به طور طبیعی مقدار غلظت سرب بالاست (۲۲). برخلاف مطالعه حاضر ایل بیگی و همکاران (۱۳۹۲) میزان فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب را در نمونه خاک مزارع شهرستان قروه به ترتیب ۴۸۲/۷، ۶/۹۱۴ و ۲۶۸/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش دادند که فراتر از حد مجاز بود. آن‌ها دلیل این امر را ساختار زمین‌شناسی و استفاده نابجا از کود شیمیایی دانسته‌اند (۲۳). مارتین و همکاران در سال ۲۰۰۶ در بررسی میزان فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی حوزه ابرو در اسپانیا گزارش دادند که کادمیوم، سرب، جیوه، مس و روی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی هستند و در مطالعه آن‌ها میانگین غلظت مس در مزارع زیتون و انگور بالا بود. آن‌ها دلیل این امر را استفاده از کودهای شیمیایی و مواد حاصلخیز کننده خاک نسبت دادند (۲۴). و سم (۲۰۱۴) و محمد (۲۰۱۱) در مطالعه خود گزارش دادند که بیشترین غلظت فلز کادمیوم در خاک آلوده به معادن در مناطق مختلف پاکستان و در خاک مناطق سارگودا به ترتیب mg/kg ۱۸۴ و mg/kg ۶/۷۴ بوده که بیش از حد استاندارد می‌باشد (۲۵, ۲۶).

غلظت فلزات سنگین در سیب‌زمینی:

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

میانگین غلظت فلزات سنگین برای محصول سیب‌زمینی در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان فلزات سنگین در سبزی‌ها اصولاً به بافت خاک و یا بستری که در آن رشد می‌کند و همچنین به نوع و طبیعت سبزی بستگی دارد به طوری که در سبزی‌ها غده‌ای مانند سیب زمینی تجمع پذیری فلزات سنگین بیشتر از گیاهان برگی شکل است (۲۷). لازم به ذکر است که استفاده از آب آلوده به فلزات سنگین در مزارع کشاورزی می‌تواند باعث تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شده و سبب افزایش فلزات سنگین در سبزی‌ها شود (۱۱). فلزات سنگین در اثر خوردن میوه و سبزی‌ها آلوده در اندام‌های مختلف بدن تجمع می‌یابند. نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین غلظت تجمع پذیری فلز سنگین در سیب‌زمینی این منطقه فلز سرب به مقدار ۰/۰۳۹۹ و کم‌ترین غلظت تجمع پذیری مربوط به فلز آرسنیک به مقدار ۱۳۵% است. این نتایج با مطالعه جبرکیدان و همکاران در سال ۲۰۱۳ در خصوص بالاترین غلظت تجمع پذیری فلز سرب در فلفل سبز همخوانی دارد (۱۱). امین و همکاران نیز به نتایج مشابهی دست یافتند به این ترتیب که در مطالعه آن‌ها بالاترین غلظت تجمع پذیری در سیب‌زمینی مربوط به فلز سرب و کمترین غلظت تجمع پذیری مربوط به فلز آرسنیک بود (۸). مرادمند و همکاران در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که علی‌رغم غلظت کمتر از حد مجاز عناصر سنگین در پساب تصفیه شده شهری شهرکرد، غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه نسبت به شاهد افزایش یافته است که بیانگر تجمع عناصر سنگین در خاک و گیاه با گذشت زمان است (۲۸). یارقلی و همکاران نشان دادند که میزان تجمع کادمیوم در برگ گیاهان بیشتر از ریشه و غده بوده؛ ولی تمرکز آن در پوست گیاه از بقیه قسمت‌های گیاه بیشتر است. این نتیجه همسو با نتایج اغلب تحقیقاتی است که کادمیوم را فلزی با تحرک بالا و قابلیت جذب سریع در گیاه معرفی کرده‌اند (۲۹). در مطالعه ایل بیگی و همکاران غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در نمونه غده سیب زمینی اراضی مورد مطالعه در قروه همدان به ترتیب برابر ۱۰/۴۱، ۰/۸۳۴ و ۳۶/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود که بالاتر از حد مجاز بوده است (۲۳). خان و همکاران در سال ۲۰۰۹ غلظت سرب در سبزی‌ها مختلف در پاکستان را بین ۴۳-۰/۰۳ mg/kg گزارش دادند. همچنین پرون و همکاران در سال ۲۰۱۲ در مطالعه خود گزارش دادند که غلظت سرب در قسمت برگ‌دار و خوراکی سبزی‌ها بین ۲۷/۴۹-۱۵/۵۸ mg/kg بود. در مطالعه آن‌ها ۸۳ درصد از قسمت خوراکی نمونه‌های سبزی‌ها بالاتر از حد مجاز اتحادیه اروپا بود (۱۷). تفاوت‌های قابل توجه بین یافته‌های مطالعات مختلف را می‌توان به دلیل تفاوت در روش نمونه‌برداری، نوع محیط، موقعیت جغرافیایی و تجزیه و تحلیل داده‌ها دانست.

فاکتور انتقال:

طبق جدول ۳ الگوی فاکتور انتقال فلزات برای غده سیب‌زمینی در این مطالعه به صورت آرسنیک> کادمیوم> سرب است. مقدار TF متفاوت برای سبزی‌ها مختلف تعیین‌کننده غلظت متفاوت فلزات سنگین در خاک و مقادیر متفاوت عناصر در سبزی‌ها مختلف است. استفاده از فاضلاب جهت آبیاری به دلیل وجود آرسنیک و کادمیوم در آن سبب تجمع این عنصرها در خاک می‌شود و هرچه میزان این عنصرها در خاک بیشتر شود، جذب آن توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد (۳۰). در مطالعه حاضر، به ترتیب آرسنیک و سرب دارای بیشترین و کمترین ضریب انتقال بودند. در مطالعه پارسافر و معروفی در سال ۱۳۹۲ بیشترین فاکتور انتقال از خاک به غده‌های سیب زمینی به ترتیب مربوط به کادمیوم، مس، روی و سرب بود که با مطالعه حاضر همخوانی دارد (۹). بهمنیار در مطالعه خود به این نتیجه رسید که ضریب انتقال عناصر سنگینی نظیر کادمیوم و سرب در اراضی آبیاری شده با فاضلاب، بیشتر از اراضی آبیاری شده با آب معمولی است (۳۱). کبیری نژاد و همکاران گزارش دادند که کاربرد کود، ضریب انتقال سرب و نیکل را به طور معنی‌داری در خاک رسی افزایش داده است (۳۲). در مطالعه امین و همکاران در سال ۹۵ الگوی فاکتور انتقال فلزات برای

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

سیب زمینی به ترتیب مربوط به کادمیوم، سرب و آرسنیک بود (۸).

نتیجه‌گیری

در این مطالعه غلظت فلزات سنگین در خاک نمونه‌برداری شده از مزارع سیب‌زمینی سفید دشت به ترتیب سرب، کادمیوم و آرسنیک بود که می‌توان آن را نشان دهنده خصوصیات فیزیکوشیمیایی طبیعی خاک مزارع تحت پوشش منطقه سفید دشت دانست. وجود فلزات سنگین در محیط اطراف گیاه، سبب تجمع فلزات سنگین در گیاه می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که سیب زمینی بیش‌ترین تجمع پذیری فلز سرب (mg/kg ۳۲/۵۹) را دارد و میانگین غلظت فلز کادمیوم، آرسنیک و سرب در سیب‌زمینی پایین‌تر از حدود استاندارد است. مقایسه ضریب انتقال از خاک به غده سیب‌زمینی در این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان آن به ترتیب مربوط به آرسنیک، کادمیوم و سرب است؛ زیرا آرسنیک و کادمیوم جزو متحرک‌ترین عناصر سنگین می‌باشند که در صورت وجود در خاک، جذب آن توسط گیاه وجود خواهد داشت. به طور کلی استفاده از فاضلاب سبب تجمع این عناصر در خاک می شود و هرچه میزان این عناصر در خاک بیشتر باشد، جذب آن توسط گیاه نیز افزایش می‌یابد. قابل ذکر است که گیاهان مختلف رفتارهای متفاوتی در جذب این عناصر از خود نشان می‌دهند و تحقیق حاضر در خصوص سیب‌زمینی که گیاهی غده‌ای است صورت گرفته است. با توجه به نتایج این مطالعه باید اقداماتی در جهت کاهش ورود عناصر سنگین به خاک صورت گیرد. در مورد هوا دیدگی که یک فرآیند طبیعی است کار چندانی نمی‌توان انجام داد؛ بنابراین باید با کاهش مقدار مصرف کودهای دامی و شیمیایی از افزایش غلظت عناصر سنگین در منطقه سفید دشت پیشگیری نمود.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد که حمایت مالی این تحقیق با شماره طرح ۳۶۲۸ و کد اخلاق IR.SKUMS.REC.1397.29 را بر عهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد. لازم به ذکر است که هیچ تعارض منافعی بین نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

منابع

1. Ramezanpoor A, Farrokhian Firouzi A, Sayyad G, Kiyasat A. Investigation of Pb (II) removal from aqueous solutions using modified nano zero-valent iron particles. J Water and Wastewater; Ab va Fazilab. 2014;25(2):68-76.
2.KarimSoltani B, Amuzeghar M, Hamedi J. Biological uptake of lead by bacteria isolated from petrochemical wastewater. Environ Sci Technol. 2008;13(2):41-54.
3.Esmaili A, Nasseri S, Mahvi A, Atashdehghan R. Removal of Copper and Nickel from Aqueous Solutions by Natural Bentonite. Rafsanjan Uni Med Sci Health Services. 2002;2(1):22-30.
4.Davis T, Volesky B, Vieira R. Sargassum seaweed as biosorbent for heavy metals. Water Res. 2000;34(17):4270-8.
5. Gray CW, Yi Z, Lehto NJ, Robinson BH, Munir K, Cavanagh JA. Effect of cultivar type and soil properties on cadmium concentrations in potatoes. N Z J Crop Hort Sci. 2019;47(3):182-97.
6. Divband L, Boroomand Nasab S, Behzad M, Abedi K. Efficiency of Cedar (Zizyphus spinachristi) Leaf and its Fly Ash in Removing Cadmium (II) from Water by Batch Adsorption. J Sci & Technol Agric & Natur Resour. 2012;17(65):125-37.
7. Norouzi S, Heidari M, Alipour V, Rahmanian O, Fazlzadeh M, Mohammadi-Moghadam F, et al. Preparation, characterization and Cr (VI) adsorption evaluation of NaOH-activated carbon produced from Date Press Cake; an agro-industrial waste. Bioresour Technol. 2018;258:48-56.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

8.Amin M, Saffari-Khoozani H, Vahid-Dastjerdi M, Yadegarfar G. The Concentration of Three Heavy Metals, Arsenic, Cadmium, and Lead, in Potatoes in Farms the South-East Area of Isfahan Province, Iran, in 2016. J Health System Res. 2018;13(4):478-84.
9. Parsafar N, Marofi S. Investigation of Transfer Coefficients of Cd, Zn, Cu and Pb from Soil to Potato Under Wastewater Reuse. Isfahan Uni Technol. 2013;17(66):199-210.
10.Givianrad M, Sadeghi T, Larijani K, Hoseini S. Determination of cadmium and lead in lettuce ,mint and leek ultivated in different sites of Southern Tehran. J Food Technol Nutr. 2011;8(30):38-43.
11.Gebrekidan A, Weldegebriel Y, Hadera A, Van der Bruggen B. Toxicological assessment of heavy metals accumulated in vegetables and fruits grown in Ginfel river near Sheba Tannery, Tigray, Northern Ethiopia. Ecotoxicol Environ Saf. 2013;95:171-8.
12. Chauhan G, Chauhan UK. Human health risk assessment of heavy metals via dietary intake of vegetables grown in wastewater irrigated area of Rewa, India. Int J Sci Res Publications. 2014;4(9):1-9
13. Nzediegwu C ,Prasher S, Elsayed E, Dhiman J, Mawof A, Patel R. Effect of biochar on heavy metal accumulation in potatoes from wastewater irrigation. J Environ Management. 2019;232:153-64.
14. Liu X, Song Q, Tang Y, Li W, Xu J, Wu J, et al. Human health risk assessment of heavy metals in soil–vegetable system: a multi-medium analysis. Sci Total Environ. 2013;463:530-40.
15. 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.
16.Muchuweti M, Birkett J, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester J. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. Agriculture, Ecosystems & Environ. 2006;112(1):41-8.
17.Khan S, Farooq R, Shahbaz S, Khan MA, Sadique M. Health risk assessment of heavy metals for population via consumption of vegetables. World Appl Sci J. 2009;6(12):1602-6.
18. Ali MHH, Al-Qahtani KM. Assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in Saudi Arabian markets. Egypt J Aquat Res. 2012;38(1):31-7.
19. Luna A AJ, Rocha J, Luna J.. Effect of Compost and Bovine Dry Manure on Soil Chemical Characteristics and Production of iceberg Lettuce (Lactuca Sativa L.). Global Advenced Res J. 2015;4:493-500.
20. Hajar EWI, Sulaiman AZB, Sakinah AM. Assessment of heavy metals tolerance in leaves, stems and flowers of Stevia rebaudiana plant. Procedia Environ Sci. 2014;20:386-93.
21.Kayastha SP. Heavy metal pollution of agricultural soils and vegetables of Bhaktapur district, Nepal. Sci World. 2015;12(12):48-55.
22. Barzin M, Kheirabadi H, Afiuni M. Investigation of Contamination of Some Heavy Metals in Surface Soils of Hamedan Province Using Pollution Indicators. J Agric Sci Technol. 2015;72(19):69-79.
23. I Beygie A, Lorestani B, Cheraghi M. Evaluation of Heavy Metals in Potato Tubers in the Year 92. (Case Study: Lands close to Babugorugh city of Ghorveh). 2013. p. 1-15.
24.Martín JAR, Arias ML, Corbí JMG. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geoestatistical methods to study spatial variations. Environ Pollut. 2006;144(3):1001-12.
25.Waseem A, Arshad J, Iqbal F, Sajjad A, Mehmood Z, Murtaza G. Pollution status of Pakistan: a retrospective review on heavy metal contamination of water, soil, and vegetables. BioMed Res Int. 2014;2014.
26.Muhammad S, Shah MT, Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. Microchem J. 2011;98(2):334-43.
27.Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, FL: CRC Press. 1992.
28.Moradmand M, Beyghi H. Effect of irrigation with treated municipal drag on the distribution of lead and nickel in green pepper and soil treatment. Iranian J Water Res. 2009;5(3):63-70.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]

29.Yargholi B, Azimi A, Baghvand F, Lyaghat A. Investigating the absorption and accumulation of cadmium in various organs of the gland products in contaminated soils. Isfahan water and wastewater J. 2009;72(2):60-70
30.Cui Y-J, Zhu Y-G, Zhai R-H, Chen D-Y, Huang Y-Z, Qiu Y, et al. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Environment International. 2004;30(6):785-91.
31.Bahmanyar M. Effect of wastewater utilization on irrigation of crops on the amount of some heavy elements of soil and plants. J Ecol. 2007;44(33):19-26.
32.Kabirinejad S, Hudji M, Afiuni M. Investigation of the ability of biomass of maize plant to reduce lead and nickel concentration from soil treated with urban sewage sludge in Isfahan province. Eleventh National Conference on Environmental Health; Zahedan.2008.
33.Ewers U. Standard, gudelines and legislative regulations concerning metals and theri compounds. Metals and their compounds in the Environment: Occurrence, analysis and bioogical relevance: Werlag Chemie (VCH). 1991. p. 687-711.
34.AM D. Natural Healing Vegetables & Fruits.2008.
35.B. A. Food & feed-maximum limit of heavy metal. Tehran, Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran;. 1992.
36.British Herbal Medicine Association. British herbal pharmacopoeia. 4th ed. Bristol UBHMA.

[Downloaded from sjku.muk.ac.ir on 2026-11-11]

[DOI: 10.52547/sjku.27.1.115]