DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 Published by Vesnu Publications

# ارزیابی مقدار فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در کاشت سیب‌زمینی در زمین‌های کشاورزی جنوب شرقی اصفهان در سال ۱۳۹۵

محمد مهدی امین[۱]، هاجر صفاری خوزانی[۲]، مرضیه وحید دستجردی[۳]، قاسم یادگارفر[۴]

مقاله پژوهشی


## چکیده

**مقدمه:** هدف از انجام مطالعه حاضر، ارزیابی میانگین غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم و آرسنیک) در سیب‌زمینی مزارع جنوب شرقی اصفهان بود.

**روش‌ها:** نمونه‌های خاک، سیب‌زمینی، کود و آب به روش هضم اسیدی با استفاده از کتاب روش‌های استاندارد به همراه نمونه استاندارد هضم گردید. سپس میزان فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک با استفاده از دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی تعیین شد. جهت تعیین ارتباط غلظت‌های متفاوت فلزات سنگین، آزمون ANOVA در نرم‌افزار SPSS مورد استفاده قرار گرفت.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت فلزات سرب، آرسنیک و کادمیوم در آب آبیاری پایین‌تر از حد استاندارد مشخص گردید. میانگین غلظت آرسنیک، سرب و کادمیوم در نمونه‌های خاک به ترتیب ۲/۶۰۷۲، ۱/۷۴۱۷ و ۰/۵۶۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد که کمتر از حد استاندارد بود. میانگین غلظت فلزات سنگین در کود مصرفی نیز پایین‌تر از حد استاندارد بود. بالاترین میانگین غلظت فلز سنگین در سیب‌زمینی، به فلز سرب با میزان ۴/۸۰۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم اختصاص داشت که بالاتر از حد استاندارد می‌باشد و غلظت فلزات کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۲/۶۹۲۳ و ۱/۷۸۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد که کادمیوم بالاتر از حد استاندارد است. فاکتور انتقال (Transfer factor) از الگوی آرسنیک < سرب < کادمیوم پیروی نمود و مقادیر آن به ترتیب ۴/۷۲۹۱ (کادمیوم)، ۲/۷۶۰۱ (سرب) و ۰/۶۸۵۳ (آرسنیک) به دست آمد.

**نتیجه‌گیری:** غلظت کادمیوم و سرب در سیب‌زمینی بالاتر از حد استاندارد می‌باشد که می‌توان آن را به تحرک بالای این دو فلز در خاک و انتقال آن به گیاه نسبت داد. در نتیجه، مصرف سیب‌زمینی تولیدی در منطقه مورد بررسی ممکن است در آینده خطر سلامتی را در جمعیت محلی مصرف‌کننده افزایش دهد.


**واژه‌های کلیدی:** فلزات سنگین، سرب، کادمیوم، آرسنیک، سیب‌زمینی، خاک

**ارجاع:** امین محمد مهدی، صفاری خوزانی هاجر، مرضیه دستجردی وحید، یادگارفر قاسم. **ارزیابی مقدار فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در کاشت سیب‌زمینی در زمین‌های کشاورزی جنوب شرقی اصفهان در سال ۱۳۹۵.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۴): ۴۸۴-۴۷۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۵/۷

## مقدمه

ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک زمین و وجود بحران آب، جهت جبران بخشی از نیاز آبی، استفاده از آب‌های نامتعارف مانند پساب برای آبیاری زمین‌های کشاورزی و لجن به عنوان کود مرسوم است. 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، از جمله منابع مهم آلودگی محیط به شمار می‌روند (۴-۱).

در لجن علاوه بر وجود منابع غنی از فسفر، نیتروژن و مواد آلی که سبب اصلاح خاک می‌گردد، مقادیر زیادی از عناصر سنگین مانند کادمیوم، سرب، نیکل و... نیز وجود دارد که جذب گیاه می‌شود.

سمیت بالای فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی، یکی از مهم‌ترین مسایل زیست محیطی در جهان حاضر می‌باشد. عوامل متعددی از جمله شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک، گردش آب‌های زیرزمینی از میان انواع سنگ‌ها، توپوگرافی منطقه، نفوذ آب شور در مناطق ساحلی، فعالیت‌های انسانی روی زمین و... کیفیت این آب‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۵). فاضلاب نیز بسته به نوع فعالیت آن، دارای فلزات سنگین است که استفاده از آن در کشت گیاهان، منجر به تجمع فلزات در خاک و انتقال آن به سبزیجات و ورود به زنجیره غذایی می‌گردد (۸-۶، ۴، ۳).

خاک نیز مخزن اولیه فلزات سنگین به شمار می‌رود.آبیاری خاک با فاضلاب و استفاده از لجن فاضلاب و کود شیمیایی، باعث تجمع فلزات سنگین به خصوص کروم، روی، سرب، کادمیوم، نیکل و... در سطح خاک می‌شود (۱۱-۸).

همچنین، می‌توان گفت که فلزات سنگین از طریق جذب از خاک‌های

۱- استاد، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۳- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشیار، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
**نویسنده مسؤول:** هاجر صفاری خوزانی
Email: hajar_saffari@yahoo.com



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]

آلوده و تماس قسمت‌های گیاه در مواجهه با هوای آلوده، وارد گیاه می‌شوند که در مطالعات پیشین به این مسأله اشاره شده است (۱۴-۱۲).

فاکتور انتقال (Transfer factor)، میزان توانایی انتقال بیولوژیکی فلزات سنگین از خاک به گیاه را بیان می‌کند که در مطالعه حاضر بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید (۱۶، ۱۵، ۴).

$$TF = \frac{\text{Concentration of metal in plant}}{\text{Concentration of metal in soil}}$$ رابطه ۱

سبزیجات منبع مهم ویتامین، پروتئین، آهن، کلسیم، مواد معدنی، فیبر و آنتی‌اکسیدان‌های مؤثر در سلامتی محسوب می‌شوند. در کشورهای در حال توسعه، مصرف سبزیجات بیشتر از گوشت در بین مردم رواج پیدا کرده است. از موارد و نکات قابل توجه علاوه بر آلودگی میکروبی، میزان فلزات سنگین موجود در سبزیجات است که باید مورد توجه و ارزیابی جدی قرار گیرد. آلودگی این محصولات به فلزات سنگین از طریق آبیاری با پساب فاضلاب و استفاده از لجن به عنوان کود، یکی از نگرانی‌های مهم مسایل زیست محیطی می‌باشد (۱۹-۱۷، ۹).

فلزات سنگین به علت خاصیت غیر قابل تجزیه، بیولوژیکی بودن، نیمه عمر طولانی و تجمع پذیری در قسمت های مختلف بدن، بسیار خطرناک هستند. کادمیوم یکی از انواع فلزات سنگین می‌باشد که بالاترین رتبه را از لحاظ سرطان‌زایی دارد. این فلز در کبد و کلیه تجمع می‌یابد و منجر به ایجاد بیماری‌های گوناگون و تخریب و اختلال در عملکرد اعضای بدن می‌شود (۲۰، ۱). سرب نیز یکی دیگر از مهم‌ترین عناصر سنگین و سمی است و در گروه ترکیباتی که سرطان‌زایی آن برای انسان محتمل است، دسته‌بندی می‌گردد. بیش از ۹۰ درصد از سرب ورودی به بدن در استخوان‌ها تجمع می‌یابد (۲۲-۲۰). آلودگی سرب منجر به اختلال در بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، آسیب به عملکرد کلیه‌ها، سیستم باروری، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان و رشد ضعیف سلول‌های خاکستری مغز و بهره هوشی کم در اطفال می‌گردد (۲۱، ۱). آرسنیک یکی از عناصر طبیعی پوسته زمین و سرطان‌زا برای انسان می‌باشد که افزایش غلظت آن در آب آشامیدنی، باعث افزایش خطر در بیماران قلبی- عروقی از جمله افزایش فشار خون می‌گردد (۲۳).

مطالعات مختلفی پیرامون فلزات سنگین موجود در گیاهان انجام شده است که از آن جمله می‌توان به پژوهش‌های چراغی و همکاران در ارتباط با تجمع سرب و کادمیوم در شنبلیله پرورش داده شده با لجن فاضلاب و کود شیمیایی (۸)، Huang و همکاران در خصوص فلزات سنگین در سبزیجات و ارزیابی خطر آن در جمعیت شهر چه‌جیانگ چین (۱۷)، Hajar و همکاران در مورد ارزیابی قدرت تحمل فلزات سنگین در ساقه و برگ و گل‌های گیاه Stevia rebaudiana (۲۴)، Mahmood و Malik در زمینه بالا بودن میزان فلزات کروم، سرب و کادمیوم بیش از حد استاندارد اروپا در سبزیجات کشت شده با فاضلاب (۲۵)، Kayastha در زمینه گرایش بیشتر گیاه اسفناج به تجمع فلزات سنگین در خود نسبت به گیاهان دیگر (۲۶)، Sultana و همکاران در رابطه با ۸۸ درصدی بودن خطر سرطان فلز سنگین کادمیوم در سبزیجات برگدار (۲۷) و تحقیق Gebrekidan و همکاران در خصوص بالا بودن فاکتور انتقال فلز سرب در فلفل سبز و فلز کادمیوم درکاهو اشاره نمود (۴).

با توجه به تحقیقات انجام شده، نتایج به دست آمده و در نظر گرفتن حساسیت موضوع، هدف از انجام مطالعه حاضر، اندازه‌گیری مقدار فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب موجود در سیب‌زمینی اراضی جنوب شرقی اصفهان بود.

## روش‌ها

این پژوهش از نوع مشاهده‌ای- مقطعی بود و روش اندازه‌گیری نمونه‌ها با توجه به مساحت زمین صورت گرفت؛ به گونه‌ای که به ازای هر هکتار، ۲ تا ۳ نمونه برداشت شد و به دلیل این که سطح زمین‌های مورد مطالعه کمتر از یک هکتار بود، در نتیجه تعداد نمونه برداشت شده بیش از تعداد نمونه‌های توصیه شده در رفرنس‌های مرتبط به ازای واحد سطح زمین به دست آمد.

نمونه‌ها از ۵ زمین کشاورزی به طور میانگین به مساحت ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ مترمربع از دو منطقه جنوب شرقی اصفهان به صورت تازه برداشت گردید؛ به صورتی که کشت مزارع به صورت سالیانه و نوع آبیاری از نوع غرقابی و منبع آبیاری به صورت مخلوط از آب چاه و پساب جاری در رودخانه زاینده رود اصفهان بود.

در مطالعه حاضر از دستگاه‌های فور جهت خشک کردن نمونه‌ها با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، هاضم (شرکت Hach، آلمان) برای هضم نمونه‌های خاک، اجاق شنی به منظور هضم نمونه‌های سیب‌زمینی، کود و آب و دستگاه جذب اتمی مدل AA7000 Pyrolitic Graphi Tube (شرکت Shimadzu، آمریکا) جهت تعیین فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و سرب در آزمایشگاه رفرانس استفاده گردید.

به منظور هضم نمونه‌های سیب‌زمینی، خاک، کود و آب از اسید سولفوریک و پراکسید هیدروژن (شرکت Merck، آلمان) به ترتیب با درصد خلوص ۹۶ و ۳۵ درصد و اسید نیتریک با درصد خلوص ۶۵ درصد استفاده شد.

نمونه‌های سیب‌زمینی به صورت تصادفی (در مجموع ۳ تا ۵ نمونه از هر زمین کشاورزی) برداشت گردید و در پاکت‌های پلاستیکی نگهداری و برچسب‌گذاری شد و سپس به آزمایشگاه انتقال یافت. سیب‌زمینی‌ها بعد از جدا کردن پوستشان با آب مقطر شستشو داده شد و سپس خرد گردید و در نهایت جهت خشک شدن و آماده‌سازی برای هضم، به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه فور با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (۲۵، ۱۴، ۹).

پنج لیتر از آب آبیاری زمین مورد مطالعه در بطری پلاستیکی از جنس Polyethylene terephthalate (PET) جمع‌آوری گردید. قبل از برداشت، به مدت ۱۵ دقیقه آب از لوله خروجی پمپاژ شد. نمونه‌های برداشت شده تا زمان ارسال به آزمایشگاه دور از نور خورشید و در دمای یخچال نگهداری گردید (۱۴، ۹).

نمونه خاک به وزن ۵۰۰ گرم از فاصله ۱۰۰ میلی‌متری ریشه گیاه از چاله‌ای به اندازه ۳۰ × ۱۰ × ۱۰ سانتی‌متر و عمق ۳۰ سانتی‌متری به وسیله حفار پلاستیکی جمع‌آوری گردید و در کیسه پلاستیکی جهت آماده‌سازی به آزمایشگاه ارسال شد. سپس نمونه‌ها با هم مخلوط گردید و مقداری از آن به روش تقسیم چهارتایی در پلیت شیشه‌ای ریخته شد و به مدت ۴۸ ساعت در فور با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت (۲۸، ۲۵، ۱۴، ۹).

اغلب کود مورد استفاده در زمین‌های کشاورزی از نوع کود مرغی، گوسفندی یا شیمیایی می‌باشد که نمونه کود مورد بررسی از هر سه نوع بود و آماده‌سازی آن به روش اشاره شده در نمونه‌های خاک صورت گرفت (۲۸، ۲۵، ۱۴).

با توجه به این که ۵ زمین کشاورزی جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید و از



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]

۴ عامل (سیب‌زمینی، آب، خاک و کود) نمونه‌برداری صورت گرفت، کل نمونه‌های مورد مطالعه ۲۰ عدد به دست آمد.

نمونه‌های خاک، آب آبیاری، کود و سیب‌زمینی جمع‌آوری شده به روش شماره ۳۰۳۰ کتاب روش‌های استاندارد (Standard Methods) هضم شد.

برای هضم نمونه‌های آماده شده خاک، از دستگاه مدل ۲۰-۲۳۱۳۰ (شرکت Hack، آلمان) (طبق دستورالعمل کاتالوگ دستگاه) استفاده شد؛ به طوری که یک گرم از نمونه خاک با ترازوی دیجیتالی وزن و ۶ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۶ درصد به آن اضافه گردید. سپس به مدت ۴ دقیقه در دستگاه هاضم با درجه حرارت ۴۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از آن ۱۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۳۵ درصد به آن اضافه و به مدت ۱ دقیقه جوشانده شد. در نهایت، از فیلتر شماره ۴۲ عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد (۲۹).

برای هضم نمونه‌های آماده شده سیب‌زمینی، از دستگاه اجاق شنی استفاده گردید؛ به این صورت که به ۵ گرم از نمونه سیب‌زمینی، ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد اضافه گردید و سپس در دستگاه اجاق شنی با درجه حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد 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 پس از کم شدن میزان نمونه، از کاغذ صافی شماره ۴۲ عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد.

برای هضم نمونه‌های آماده شده کود، به همان روش هضم نمونه‌های سیب زمینی عمل شد؛ با این تفاوت که ۲ گرم از نمونه کود (حیوانی و شیمیایی) برای هضم مورد استفاده قرار گرفت.

برای هضم نمونه‌های آب چاه نیز از دستگاه اجاق شنی استفاده شد. به این ترتیب که ۵ لیتر نمونه آب در بشر ریخته شد و ۱ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد به آن اضافه گردید و سپس برای تبخیر روی اجاق شنی قرار داده شد تا زمانی که مقدار آن به کمتر از ۱۰ سی‌سی برسد. پس از آن از کاغذ صافی شماره ۴۲ عبور داده شد و با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده شد (۳۰، ۲۹).

نمونه‌های هضم شده خاک، سیب‌زمینی، کود و آب به همراه مواد مرجع هضم شده مربوط به هر نمونه به آزمایشگاه رفرانس فرستاده شد تا با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مجهز به کوره گرافیتی)، میزان فلزات سنگین کادمیوم، سرب و آرسنیک تعیین گردد.

جهت تعیین ارتباط بین میزان فلزات سنگین در آب، خاک و کود با فلزات سنگین مشاهده شده در سیب‌زمینی، از روش همبستگی Pearson و معادل ناپارامتریک آن (همبستگی Spearman) استفاده شد. همچنین، برای تعیین شدت ارتباط هر فلز سنگین در آب، خاک و کود با فلز سنگین موجود دیده شده در سبزیجات نیز از روش رگرسیون خطی تک متغیره استفاده گردید (۳۱، ۱۴، ۹، ۴).

## یافته‌ها

غلظت فلزات سنگین در خاک، آب و کود در جدول ۱ ارایه شده است. بر اساس داده‌ها، بالاترین غلظت فلزات سنگین در آب آبیاری مربوط به فلز سرب با مقدار ۰/۰۰۶۲ میلی‌گرم بر لیتر بود.

میانگین غلظت هر سه فلز در خاک (بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) پایین‌تر از حد استاندارد به دست آمد. میانگین غلظت فلز سرب در کود، ۴/۶۰۹۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که بالاترین غلظت را به خود اختصاص داد و به دنبال آن، فلزات کادمیوم و آرسنیک به ترتیب مقادیر ۰/۴۱۸۴ و ۰/۰۰۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم داشتند. در مطالعه حاضر، میانگین غلظت فلزات سنگین در کود با استاندارد خاک قابل مقایسه و پایین‌تر از حد استاندارد بود.

غلظت فلزات سنگین در سیب‌زمینی، در جدول ۲ نشان داده شده است که بالاترین غلظت مربوط به فلز سرب می‌باشد. همچنین، می‌توان دریافت که غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در سیب‌زمینی بالاتر و فلز آرسنیک پایین‌تر از حد استاندارد بود.

یافته‌های جدول ۳ نشان داد که ارتباط مثبتی بین افزایش فلزات سنگین در خاک، کود و آب با افزایش فلزات سنگین درگیاه وجود داشت.

الگوی فاکتور انتقال فلزات برای سیب‌زمینی به صورت (۰/۶۸۵۳) آرسنیک < (۲/۷۶۰۱) سرب < (۴/۹۱۷۲) کادمیوم بود. مقدار متفاوت فاکتور انتقال در سبزیجات مختلف، ممکن است نشان دهنده غلظت متفاوت فلزات سنگین در خاک و بالاروی متفاوت عناصر در سبزیجات مختلف باشد (۱۶).

**جدول ۱. میانگین غلظت فلزات سنگین در آب آبیاری، خاک و کود**

| منبع | فلز سنگین | سطح استاندارد | میانگین ± انحراف معیار (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و (میلی‌گرم بر لیتر) |
|---|---|---|---|
| خاک | کادمیوم | ۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)* | ۰/۵۶۹۳ ± ۰/۰۵۴۵ |
| | آرسنیک | ۶ (میلی‌گرم بر کیلوگرم)* | ۲/۶۰۷۲ ± ۱/۲۲۵۴ |
| | سرب | ۱۰۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | ۱/۷۴۱۷ ± ۰/۴۷۹۰ |
| آب* | آرسنیک | ۰/۱ (میلی‌گرم بر لیتر) | ۰/۰۰۰۵ ± ۰/۰۰۰۴ |
| | کادمیوم | ۰/۰۵ (میلی‌گرم بر لیتر) | ۰/۰۰۱۰ ± ۰/۰۰۰۲ |
| | سرب | ۱ (میلی‌گرم بر لیتر) | ۰/۰۰۶۲ ± ۰/۰۰۲۶ |
| کود | آرسنیک | ۶ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | ۰/۰۰۰۹ ± ۰/۰۰۱۰ |
| | کادمیوم | ۳ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | ۰/۴۱۸۴ ± ۰/۱۲۰۷ |
| | سرب | ۱۰۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) | ۴/۶۰۹۹ ± ۴/۴۰۳۵ |

* استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۳۳، ۳۲)



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]

**جدول ۲. میانگین غلظت فلزات سنگین در سیب‌زمینی‌های مورد مطالعه**

| فلزات سنگین | آرسنیک | کادمیوم | سرب |
|---|---|---|---|
| سیب‌زمینی | ۱/۷۸۶۹ | ۲/۶۹۲۳ | ۴/۸۰۷۴ |
| استاندارد ۱۲۹۶۸ ایران (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (۳۴) | – | ۰/۱ | ۰/۲ |
| استاندارد انگلستان (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (۳۵) | ۵ | – | – |

**جدول ۳. نتایج آزمون ANOVA**

| منبع | فلز سنگین | B | P |
|---|---|---|---|
| خاک | آرسنیک | ۰/۰۷۶ | ۰/۸۴۲ |
| | کادمیوم | ۲۵/۰۷۷ | ۰/۶۷۴ |
| | سرب | ۱۰/۲۸۴ | ۰/۰۱۱ |
| آب | آرسنیک | ۱۷۰۳/۱۳۹ | ۰/۰۰۲ |
| | کادمیوم | -۹۱۲۲/۸۶۰ | ۰/۵۹۶ |
| | سرب | -۲۸۹/۳۱۱ | ۰/۸۱۲ |
| کود | آرسنیک | ۶۵/۷۵۰ | ۰/۸۹۴ |
| | کادمیوم | ۸/۶۸۰ | ۰/۷۴۹ |
| | سرب | ۰/۰۹۸ | ۰/۸۹۳ |

## بحث

با توجه به داده‌های جدول ۱، غلظت فلزات سنگین در خاک نمونه‌برداری شده از مزارع سیب‌زمینی به ترتیب کادمیوم > سرب > آرسنیک می‌باشد که می‌توان آن را بیانگر خصوصیات فیزیکوشیمیایی طبیعی خاک مزارع تحت پوشش منطقه جنوب شرقی اصفهان دانست. این یافته با نتایج مطالعات Gebrekidan و همکاران (۴) و Kabata-Pendias و Pendias (۳۶) همسو بود.

بر اساس داده‌های جدول ۱، می‌توان دریافت که در آب آبیاری، فلز سرب بالاترین غلظت و آرسنیک پایین‌ترین غلظت را داشت. میانگین غلظت فلزات کادمیوم، آرسنیک و سرب آب آبیاری پایین‌تر از حدود استاندارد به دست آمد که با یافته‌های تحقیق Woldetsadik درباره ارزیابی فلزات سنگین سبزیجات کشور اتیوپی (۳۷) مشابه بود.

فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیوم و آرسنیک هنگام ورود به بدن در اثر خوردن میوه و سبزیجات آلوده، باعث تجمع‌پذیری در اندام‌های مختلف بدن می‌شود. در پژوهش حاضر، بالاترین غلظت تجمع‌پذیری در سیب‌زمینی مربوط به فلز سرب و کمترین غلظت تجمع‌پذیری مربوط به فلز آرسنیک بود که این یافته با نتایج مطالعات Gebrekidan و همکاران در مورد بالاترین غلظت تجمع‌پذیری فلز سرب در فلفل سبز (۴)، سبحان اردکانی و جعفری در خصوص بیش از استاندارد بودن میانگین غلظت فلز سرب و کادمیوم در نمونه‌های کلم (۳۸)، چراغی و قبادی در مورد بالا بودن میانگین غلظت فلز سرب و کادمیوم بیش از حد استاندارد World Health Organization/Food and Agriculture Organization (WHO/FAO) در گیاه جعفری (۳۹) و علیدادی و همکاران در رابطه با بالا بودن میزان سرب در سبزیجات مورد مطالعه در شهر مشهد (۴۰) مطابقت داشت.

غلظت فلزات سنگین برای محصول سیب‌زمینی به ترتیب شامل آرسنیک < کادمیوم < سرب بود که در سبزیجات اغلب به بافت خاک و یا بستری که در آن رشد می‌کند و همچنین، به نوع سبزی و طبیعت خود سبزی بستگی دارد؛ به گونه‌ای که تجمع‌پذیری فلزات سنگین در سبزیجات غده‌ای شکل از جمله سیب‌زمینی، بیشتر از گیاهان برگی شکل می‌باشد (۳۶) و استفاده از آب آلوده به فلزات سنگین در مزارع کشاورزی، باعث تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک می‌شود و به دنبال آن، فلزات سنگین در سبزیجات افزایش می‌یابد (۴۱، ۴).

مطابق با داده‌های جدول ۳، با افزایش ۱ میلی‌گرم آرسنیک در آب، ۱۷۰۳/۱ میلی‌گرم بر آرسنیک موجود در سیب‌زمینی افزوده می‌شود که از نظر آماری معنی‌دار است. همچنین، با افزایش ۱ میلی‌گرم آرسنیک، کادمیوم و سرب در خاک به ترتیب ۰/۰۷۶، ۲۵/۰۰ و ۱۰/۲۸ میلی‌گرم بر فلزات سنگین موجود در سیب‌زمینی اضافه می‌شود. با افزایش ۱ میلی‌گرم آرسنیک، کادمیوم و سرب در کود نیز به ترتیب ۶۵/۷۵، ۸/۶۸ و ۰/۰۹۸ میلی‌گرم بر آرسنیک، کادمیوم و سرب سیب‌زمینی اضافه می‌گردد که از نظر آماری معنی‌دار نیست.

فاکتور انتقال، توانایی بیولوژیکی انتقال فرم‌های مختلف فلزات سنگین از خاک به قسمت‌های مختلف گیاه را نشان می‌دهد. فاکتور انتقال تابعی از فاکتورهایی همچون pH خاک، مواد آلی خاک، وجود فلزات سنگین و اندازه ذرات خاک می‌باشد. فاکتورهای انتقال مختلف فلزات سنگین از خاک به گیاه، شاخص مهمی است که نحوه مواجهه انسان با فلزات سنگین در زنجیره غذایی را نشان می‌دهد.

بالاترین میانگین مقدار فاکتور انتقال مربوط به فلز کادمیوم (۴/۷۲۹۱) و سپس فلز سرب (۲/۷۶۰۱) بود. می‌توان گفت که دو فلز کادمیوم و سرب در خاک تحرک زیاد و میزان نگهداری پایینی دارند. با وجود این که فلز کادمیوم فاکتور انتقال بیشتری دارد، اما با توجه به این که غلظت فلز سرب در محیط (آب، کود و خاک) بیشتر از غلظت فلز کادمیوم است و با توجه به شرایط فیزیکی خاک از جمله pH، تخلل ذرات آن و...، میزان غلظت فلز سنگین سرب در سیب‌زمینی بیشتر از کادمیوم است. در مطالعه Gebrekidan و همکاران در زمینه متحرک بودن فلز سرب و کادمیوم در خاک (۴) و همچنین، پژوهش Fan و همکاران (۴۲)، به بالا بودن فاکتور انتقال فلز کادمیوم اشاره شده است.

## نتیجه‌گیری

وجود فلزات سنگین در محیط اطراف گیاه، سبب تجمع فلزات سنگین در گیاه می‌شود. نتایج تحقیق حاضر از طرفی نشان می‌دهد که سیب‌زمینی بیشترین تجمع‌پذیری فلز سرب را دارد و از طرف دیگر، میانگین غلظت فلزات سنگین کادمیوم و سرب در سیب‌زمینی از حد استاندارد ایران بالاتر می‌باشد.

در مطالعه حاضر، میزان مصرف روزانه سبزیجات توسط انسان محاسبه نشده است. با این وجود، با توجه به بالا بودن غلظت فلز سرب و کادمیوم بیش از حد استاندارد، نگرانی در مصرف سبزیجات این منطقه و تأثیر آن در سلامتی مصرف‌کنندگان وجود دارد.

پیشنهاد می‌گردد با تصفیه پیشرفته پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب و مدیریت استفاده از کود و خاک‌های کشاورزی، از ورود فلزات سنگین به منابع خاک و آب آبیاری تا حد امکان جلوگیری به عمل آید.



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]

## تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد بـا شـماره ۳۹۴۱۰۳۶، مصوب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد که بـا اسـتفاده از گرانت تحقیقاتی تأمین شده توسط معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه علـوم پزشکی اصفهان انجام شد. بدین وسـیله از پشـتیبان مـالی ایـن طـرح تشـکر و قدردانی به عمل می‌آید.

## References

1. Givianrad M, Sadeghi T, Larijani K, Hosseini SE. Determination of cadmium and lead in lettuce ,mint and leek ultivated in different sites of Southern Tehran. 2011. J Food Technol Nutr 2011; 8(2): 38-43. [In Persian].
2. Behbahaninia A, Mirbagheri SA, Azadi A. The impact of irrigation with effluent and sewage sludge on heavy metal content in plants. Journal Plant and Ecosystem 2011; 7(28): 59-70. [In Persian].
3. Chauhan G, Chauhan UK. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Rewa (M.P.), India. Int J Adv Sci Eng Inf Technol 2014; 2(8): 444-60.
4. 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.
5. Nazari S, Sobhan Ardakani S. Assessment of pollution index of heavy metals in groundwater resources of Qaleh Shahin plain (2013-2014). J Kermanshah Univ Med Sci 2015; 19(2): 102-8. [In Persian].
6. Afyuni M, Rezainejad Y, Khayambashi B. Effect of sewage sludge on yield and heavy metal uptake of lettuce and spinach. Journal of Water and Soil Science 1998; 2(1): 19-30. [In Persian].
7. Bergkvist P, Berggren D, Jarvis N. Cadmium solubility and sorption in a long-term sludge-amended arable soil. J Environ Qual 2005; 34(5): 1530-8.
8. Cheraghi M, Sobhanardakani S, Lorestani B. Effects of sewage sludge and chemical fertilizers on Pb and Cd accumulation in fenugreek (Trigonella gracum). Iran J Toxicol 2015; 9(30): 1348-52. [In Persian].
9. Ali MH, 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.
10. Sridhara Chary N, Kamala CT, Samuel Suman Raj D. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. Ecotoxicol Environ Saf 2008; 69(3): 513-24.
11. Klay S, Charef A, Ayed L, Houman B, Rezgui F. Effect of irrigation with treated wastewater on geochemical properties (saltiness, C, N and heavy metals) of isohumic soils (Zaouit Sousse perimeter, Oriental Tunisia). Desalination 2010; 253(1): 180-7.
12. 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; 463-464: 530-40.
13. 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.
14. Muchuweti M, Birkett JW, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester JN. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. Agric Ecosyst Environ 2006; 112(1): 41-8.
15. Khan S, Farooq R, Shahbaz S, Aziz Khan M, Sadique M. Health risk assessment of heavy metals for population via consumption of vegetables. World Appl Sci J 2009; 6(12): 1602-6.
16. Cui YJ, Zhu YG, Zhai RH, Chen DY, Huang YZ, Qiu Y, et al. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. Environ Int 2004; 30(6): 785-91.
17. Huang Z, Pan XD, Wu PG, Han JL, Chen Q. Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. Food Control 2014; 36(1): 248-52.
18. De Luna-Jiméneza A, Arredondo-Figueroa JL, Rocha-Ruiza JR, de Jesśs Luna-Ruiza J. Effect of compost and bovine dry manure on soil chemical characteristics and production of iceberg lettuce (Lactuca Sativa L.). Glo Adv Res J Agric Sci 2015; 4(9): 493-500.
19. Pourmoghaddas H, Shahryari A. The concentration of lead, chromium, cadmium, nickel and mercury in three species of consuming fishes of Isfahan city. J Health Syst Res 2010; 6(1): 30-6. [In Persian].
20. Norton GJ, Deacon CM, Mestrot A, Feldmann J, Jenkins P, Baskaran C, et al. Cadmium and lead in vegetable and fruit produce selected from specific regional areas of the UK. Sci Total Environ 2015; 533: 520-7.
21. Pirooty S, Ghasemzadeh M. Toxic effects of Lead on different organs of the human body. Feyz 2013; 16(7): 761-2.
22. Vahid Dastjerdi M, Foroughi M, Mohammadi Moghadam F, Hassanzadeh A, Nourmoradi H. Studying the lead concentration rate in the most popular eye shadow cosmetcis in Isfahan city, Iran. J Health Syst Res 2012; 8(3): 487-92. [In Persian].
23. Chen Y, Graziano JH, Parvez F, Liu M, Slavkovich V, Kalra T, et al. Arsenic exposure from drinking water and mortality from cardiovascular disease in Bangladesh: Prospective cohort study. BMJ 2011; 342: d2431.
24. Hajar EWI, Sulaiman AZB, Sakinah AMM. Assessment of Heavy Metals Tolerance in Leaves, Stems and Flowers of Stevia

[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]

Rebaudiana Plant. Procedia Environ Sci 2014; 20: 386-93.
**25.** Mahmood A, Malik RN. Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. Arabian Journal of Chemistry 2014; 7(1): 91-9.
**26.** Kayastha SP. Heavy metal pollution of agricultural soils and vegetables of bhaktapur district, nepal. Scientific World 2014; 12(12): 48-55.
**27.** Sultana MS, Rana S, Yamazaki S, Aono T, Yoshida S. Health risk assessment for carcinogenic and non-carcinogenic heavy metal exposures from vegetables and fruits of Bangladesh. Cogent Environmental Science 2017; 3(1): 1291107.
**28.** Gupta PK. Methods in environmental analysis: Water, soil and air. Jodhpur, India: Agrobios; 2007.
**29.** Jarvis KE, Gray AL, Houk RS. Handbook of inductively coupled plasma mass spectrometry. Houston, TX: Blackie; 1992.
**30.** Water Quality Division Disinfection Committee. Survey of water utility disinfection practices water quality division disinfection committee. J Am Water Works Assoc 1992; 84(9): 121-8.
**31.** Rice EW, Baird PR, Eaton AD, Clesceri LS. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2012.
**32.** Ewers U. Standards, guidelines and legislative regulations concerning metals and their compounds. In: Merian E, Clarkson TW, Editors. Metals and their compounds in the environment: Occurrence, analysis, and biological relevance. Vancouver, BC: VCH; 1991.
**33.** Azar M, Aslanabadi S, Aslanabadi N, Emam M, Padrad S, Hossein-Panah R, et al. Natural Healing Vegetables & Fruits. Tehran, Iran: Shahrab Publications; 2007. [In Persian].
**34.** Akbari B. Food & feed-maximum limit of heavy metal. No. 12968. Tehran, Iran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 1992. [In Persian].
**35.** British Herbal Medicine Association. British herbal pharmacopoeia. 4th ed. Bristol, UK: British Herbal Medicine Association; 1996.
**36.** Kabata-Pendias A, Pendias H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, FL: CRC Press; 1992.
**37.** Woldetsadik D. Heavy metal accumulation and health risk assessment in wastewater-irrigated urban vegetable farming sites of Addis Ababa, Ethiopia. Int J Food Contamin 2017; 4: 9.
**38.** Sobhanardakani S, Jafari SM. Analysis of Pb,Cd, Cr and Ni concentrations in types of cabbage marketed in Hamedan city. Journal of Food Hygiene 2015; 4(4): 45-53. [In Persian].
**39.** 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].
**40.** Alidadi H, Moghiseh Z, Dehghan A, Kazemi M. Measurement and comparison of heavy metals concentration in vegetables used in Mashhad. Zahedan J Res Med Sci 2013; 15(9): 77-80. [In Persian].
**41.** Arora M, Kiran B, Rani S, Rani A, Kaur B, Mittal N. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. Food Chem 2008; 111(4): 811-5.
**42.** Fan Y, Zhu T, Li M, He J, Huang R. Heavy metal contamination in soil and brown rice and human health risk assessment near three mining areas in central China. J Healthc Eng 2017; 2017: 4124302.

[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]

**DOI:** *10.22122/jhsr.v13i4.3096* *Published by Vesnu Publications*

**Journal of Health System Research** Received: 19.02.2017

**Vol. 13, No. 4, Winter 2018** Accepted: 29.07.2017

# The Concentration of Three Heavy Metals, Arsenic, Cadmium, and Lead, in Potatoes in Farms the South-East Area of Isfahan Province, Iran, in 2016

**Mohammad Mahdi Amin[1], Hajar Saffari-Khoozani[2], Marziyeh Vahid-Dastjerdi[3], Ghasem Yadegarfar[4]**

**Original Article**

## Abstract

**Background:** The present study aimed to investigate the mean concentrations of three heavy metals, arsenic (As), cadmium (Cd), and lead (Pb) in potatoes farms in the south-east area of Isfahan Province, Iran.

**Methods:** The soil, potatoes, manure, and water samples along with the standard sample were digested using acidic digestion method, and The Standard Methods book. In addition, the amount of heavy metals was measured using atomic absorption spectrophotometer with graphic furnace. The relations among the various elemental concentrations of the studied samples were determined using ANOVA test via SPSS software.

**Findings:** The mean concentrations of lead, arsenic, and cadmium in irrigation water were lower than standards. The mean concentrations of lead, arsenic, and cadmium in soil were 1.7417, 2.6072, and 0.5693 mg/kg, respectively; that were lower than the guideline standards. In addition, in the manure, the mean concentrations of heavy metals were lower than the standards. Lead with the amount of 4.8074 mg/kg had the higher concentration in potatoes, and the mean concentrations of arsenic and cadmium were 1.7869 and 2.6923 mg/kg, respectively, in which lead and cadmium were higher than the standards. The calculated transfer factor (TF) was according to the cadmium > lead > arsenic pattern, and was 4.7291, 2.7601, and 0.6853 mg/kg, respectively.

**Conclusion:** The concentrations of lead and cadmium in potatoes were higher than permissible limits. This can be attributed to high mobility of lead and cadmium in soil, and their transformation into the plants. As a result, the consumption of potatoes in the studied area may pose increased health risk to the local population in the future.

**Keywords:** Heavy metal, Lead, Cadmium, Arsenic, Potato, Soil

**Citation:** Amin MM, Saffari-Khoozani, 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 Syst Res 2018; 13(4): 478-84.

1- Professor, Environmental Research Center, Research Institute for Early Prevention of Non-Communicable Diseases AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
2- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
3- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4- Associate Professor, Department of Statistics and Epidemiology, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
**Corresponding Author:** Hajar Saffari-Khoozani, Email: hajar_saffari@yahoo.com



[ Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOI: 10.22122/jhsr.v13i4.3096 ]