



ارزیابی شاخص‌های خطرپذیری فلزات سنگین ناشی از مصرف سبزیجات شهرستان ورامین

* محمد بابا اکبری ساری^۱، مریم شکوری^۲ و اکبر حسینی^۱

^۱ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۱

چکیده

سابقه و هدف: تجمع فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، علاوه بر آلودگی محیط زیست موجب افزایش غلظت و جذب فلزات سنگین در گیاهان می‌شود. مصرف روزانه محصولات کشاورزی مهم‌ترین مسیر مواجهه انسان با آلاینده‌ها و بیماری‌های مختلف است. هدف از این مطالعه تعیین غلظت برخی از فلزات سنگین در سبزیجات و گیاهان رایج در بخشی از اراضی کشاورزی شهرستان ورامین در استان تهران و ارزیابی میزان خطر زیست‌محیطی عناصر سنگین با استفاده از ضرایب خطرپذیری (HQ_s) مرتبط با سلامت انسان است.

مواد و روش‌ها: نمونه‌برداری مرکب از سبزیجات ریحان، شاهی، تربچه، تره، نعناع، جعفری، چغندر، مرزه و همچین گیاهان ذرت و برنج در منطقه‌ای با وسعت ۵۰ هکتار در سه تکرار به صورت تصادفی انجام شد. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی به روش هضم خشک آماده‌سازی و غلظت کادمیوم، سرب، روی، مس، کروم، کبالت و نیکل با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. سپس فاکتور تجمع زیستی، فاکتور انتقال، دریافت روزانه و شاخص‌های خطرپذیری فلزات سنگین برای انسان محاسبه شد.

یافته‌ها: بیش‌ترین غلظت روی، مس، سرب، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل به ترتیب در گیاه شاهی (۱۲/۵۴)، نعناع (۳/۳)، نعناع (۱)، تربچه (۰/۲۲)، ریحان (۰/۴۸)، تره (۰/۷۰) و ذرت (۱/۲۴) میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) مشاهده گردید. فاکتور انتقال عناصر سرب در شاهی، کادمیوم در جعفری، روی در چغندر، کبالت، کروم و سرب در تربچه و کروم در مرزه بیش‌تر از یک بود (TF>1) اما فاکتور انتقال (TF) برای گونه‌های برنج، ذرت و مرزه برای تمام عناصر سنگین مورد مطالعه کم‌تر از ۱ بود. مقدار فاکتور تجمع زیستی (BCF) در گیاه نعناع برای عنصر کبالت و برای گیاهان چغندر و مرزه برای عنصر کادمیوم بیش‌تر از یک و برای سایر گیاهان مقدار این فاکتور برای عناصر مورد مطالعه کم‌تر از یک به دست آمد. بیش‌ترین ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از کادمیوم، کبالت، مس، نیکل، روی و سرب در اثر مصرف برنج در افراد بزرگسال، (۰/۰۶۲، ۰/۰۰۹، ۰/۱۱۰، ۰/۰۲۵، ۰/۰۵۲، ۰/۱۹۳) و در کودکان (۰/۰۶۱، ۰/۰۰۸، ۰/۰۹۶، ۰/۰۲۰، ۰/۰۵۰ و ۰/۱۴۹) مشاهده شد. شاخص خطرپذیری همه عناصر در یک گیاه خاص (THQ) در هر دو گروه سنی، به صورت زیر کاهش یافت: (چغندر > ذرت > نعناع > ریحان > تره > شاهی > مرزه > جعفری > تربچه > برنج) و در دامنه بی‌خطر قرار گرفت.

* مسئول مکاتبه: babaakbari@znu.ac.ir

نتیجه‌گیری: ضریب خطرپذیری هر عنصر در مجموع محصولات کشاورزی مطالعه شده در منطقه (TDHQ) کم‌تر از یک بود و بیانگر عدم وجود خطر بیماری‌های غیرسرطانی برای مصرف‌کنندگان ناشی از مصرف ۱۰ محصول بررسی شده مطابق با الگوی مصرف ملی ایران است. سرب در گروه سنی کودکان بیش‌ترین TDHQ (۰/۳۰۰) را نشان داد و بیانگر ضریب خطرپذیری بیش‌تر سرب در مجموع محصولات مصرفی نسبت به سایر عناصر است. به‌طورکلی نتایج نشان داد که شاخص خطرپذیری (HI) عناصر سنگین برای هر دو گروه سنی مورد مطالعه کوچک‌تر از ۱ بوده و بیانگر این است که ساکنان در منطقه مورد مطالعه در وضعیت امن قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: ضریب خطرپذیری، فاکتور انتقال، فاکتور تجمع زیستی

مقدمه

خاک‌های کشاورزی به‌طور مستقیم از طریق تولید غذا بر سلامت عمومی تأثیر می‌گذارند، به‌طوری‌که امروزه آلودگی مواد غذایی مانند میوه‌جات و سبزیجات به فلزات سنگین، به یکی از مشکلات بهداشتی مهم تبدیل شده است (۲۷). تجمع بیش از حد فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، نه‌تنها منجر به آلودگی محیط زیست می‌شود، بلکه افزایش جذب فلزات سنگین توسط گیاهان را به‌دنبال دارد (۱۷). نگرانی اصلی در مورد فلزات سنگین، تجمع در بافت‌های مختلف بدن و بروز بیماری‌ها و عوارض آن است (۱۳). ورود و تجمع فلزات سنگین در اراضی زراعی به‌طور عمده‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی، مصرف کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، فاضلاب شهری، کمپوست و آفت‌کش‌ها است (۱۲). در بسیاری از نقاط جهان و ایران، استفاده از فاضلاب شهری و صنعتی در آبیاری اراضی مناطق زراعی به امری معمول و متعارف تبدیل شده است (۲۶). استفاده طولانی‌مدت از فاضلاب در آبیاری اراضی اغلب به افزایش سطح فلزات سنگین خاک و گیاه منجر می‌شود (۱۰ و ۱۶). تجمع بیش از حد فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی نه تنها منجر به آلودگی محیط‌زیست می‌شود بلکه منجر به افزایش

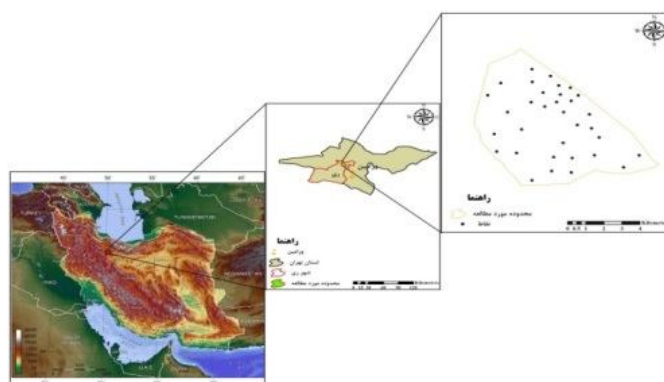
جذب فلزات سنگین توسط گیاهان شده که در نتیجه آن کیفیت و امنیت غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲۱). گیاهان مهم‌ترین مسیر انتقال فلزات سنگین به زنجیره غذایی انسان و چرخه‌های زیستی محسوب می‌شوند (۳۴). ونگ و همکاران (۱۹۹۰) در بررسی ارزیابی خطر سلامتی عناصر سنگین از طریق مصرف سبزیجات و ماهی در تیاچین چین گزارش کردند که ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی در کودکان تقریباً ۱/۵ تا ۳/۵ برابر بیش‌تر از بزرگسالان است (۳۲). ژینگ و همکاران (۲۰۰۷) خطر بیماری‌زایی را به‌علت دریافت عناصر سنگین از مواد غذایی در شهر صنعتی هولادو چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که ضریب خطرپذیری در هر دو گروه سنی بالاتر از یک به‌دست آمد. غلات، محصولات دریایی و سبزیجات مهم‌ترین منبع ورود عناصر سنگین در بدن بزرگسالان و کودکان بود و میوه، شیر، گوشت و تخم‌مرغ اهمیت کم‌تری داشتند (۳۷). عقیلی و همکاران (۲۰۱۲) خطرات ناشی از مصرف محصولات گلخانه‌ای خیار، گوجه‌فرنگی، فلفل دلمه‌ای در استان‌های اصفهان و قم (۱) را بررسی کردند. چاوشی و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی خطر ناشی از فلوراید از مسیرهای خاک و آب و گیاه برای سلامتی ساکنین استان اصفهان پرداختند (۲).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۱۳۱۲ هکتار در ۵۴۲۸۱۸ تا ۵۴۴۸۱۲ طول شرقی و ۳۹۳۷۲۶۷ تا ۳۹۳۰۲۳۰ عرض شمالی، در بخش شمالی شهرستان ری و شمال غربی شهرستان ورامین در استان تهران واقع شده است. بخشی از آب آبیاری این مزارع توسط کانال‌های پساب ثانویه تامین می‌شود (شکل ۱). نمونه‌برداری از سبزیجات منطقه به صورت تصادفی انجام شد. بدین صورت که ۵ مزرعه ریحان، ۲ مزرعه شاهی، ۳ مزرعه تربچه، ۵ مزرعه تره، ۴ مزرعه نعناع، ۲ مزرعه ذرت، ۵ مزرعه برنج، ۱ مزرعه چغندر، ۱ مزرعه جعفری و ۱ مزرعه مرزه در اطراف شهرستان ورامین انتخاب شد. نمونه گیاه به صورت تصادفی با ۳ تکرار و در قالب ۳ نمونه مرکب از هر مزرعه انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و پس از توزین وزن تر در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. پس از انجام هضم خشک در کوره الکتریکی نمونه‌های گیاهی در اسید کلریدریک ۱ نرمال هضم و غلظت عناصر توسط دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیت با حد تشخیص ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری گردید (۱۱).

ترابیان و مهجوری (۲۰۰۲) اراضی سبزی‌کاری جنوب تهران را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که ریحان دارای بالاترین میانگین غلظت روی و مس بود. مطالعات این پژوهشگران نشان داد که جذب فلزات سنگین در سبزیجات برگی به مراتب بیش‌تر از سبزیجات ریشه‌ای و غده‌ای بود و سبزیجاتی مانند جعفری قابلیت بالایی در جذب فلزات سنگین مانند کادمیوم، نیکل، سرب و روی داشتند (۲۸). همچنین در ارتباط با ارزیابی خطر عناصر سنگین بر سلامت انسان از طریق مصرف محصولات کشاورزی و خاک می‌توان به مطالعه یگانه و همکاران (۲۰۱۳) در استان همدان و خوشگفتارمنش و همکاران (۲۰۰۹) در استان اصفهان اشاره کرد (۱۵).

با توجه به اهمیت مصرف روزانه سبزیجات، هدف اصلی این مطالعه تعیین غلظت فلزات سنگین در سبزیجات مختلف بخشی از اراضی کشاورزی اطراف شهرستان ورامین در استان تهران که با پساب ثانویه آبیاری می‌شوند و ارزیابی میزان خطر زیست‌محیطی عناصر سنگین با استفاده از شاخص‌های تجمع زیستی، شاخص گیاهی انتقال و ارزیابی ضرائب خطرپذیری ناشی از این فلزات بر سلامت انسان بود.



شکل ۱- منطقه مطالعاتی و موقعیت نقاط نمونه‌برداری.

Figure 1. Sampling location map of the area studied.

$$Intake = \frac{C_F I_R E_D E_F}{B_W A_T} \quad (1)$$

که در آن، Intake مقدار جذب روزانه آلاینده $(\mu\text{g kg}^{-1} \text{ day}^{-1})$ ، C_F غلظت آلاینده در وزن تر سبزی $(\mu\text{g g}^{-1})$ ، I_R میزان مصرف سبزی تر در هر روز (g day^{-1}) ، E_F تعداد دفعات مصرف در سالهایی که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود $(365 \text{ days years}^{-1})$ ، E_D تعداد سالهایی را که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود را نشان می‌دهد که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۶ و ۳۰ سال در نظر گرفته شده است (years) ، B_W وزن بدن که برای کودکان و بزرگسالان به ترتیب ۱۶/۵ و ۶۵ کیلوگرم در نظر گرفته شده است و A_T از حاصل ضرب E_D در تعداد روزهای سال به دست می‌آید (days) .

ارزیابی خطر: ارزیابی خطر ناشی از ورود عناصر سنگین کادمیوم، مس، روی، سرب، نیکل و کبالت به بدن و بیماری‌های غیرسرطانی با فرمول‌های ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا انجام شد (۳۰).
میزان جذب روزانه فلزات سنگین: مقدار جذب روزانه فلزات سنگین به غلظت عناصر در ماده غذایی و مقدار مصرف غذا بستگی دارد (۳). ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی ($HQ > 1$) نشان‌دهنده وجود خطر ناشی از مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین برای مصرف‌کنندگان است (۴). هرچه ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی بزرگ‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده خطر فزاینده آن فلز سنگین برای سلامتی انسان است (۳۰). دریافت روزانه فلزات سنگین از طریق مصرف سبزیجات از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۳۰).

جدول ۱- مقدار مصرف روزانه سبزیجات در سبد غذایی خانوار ایرانی بر حسب وزن تر (گرم) (۱).

Table 1. Daily intake of vegetables in the food basket of Iranian households in terms of fresh weight (g) (1).

ذرت Maize (USEPA, 2002)	برنج Rice (USEPA, 2002)	تریچه، سیر، پیاز Radishes, garlic, onions	سبزیجات برگه‌ای، تره، جعفری، شاهی... Leaf vegetables, leek, parsley, royal	انواع سبزیجات Variety of Vegetables
2.9	110	30	40	بزرگسالان
0.63	27	9	18	کودکان

که در آن، HQ بدون واحد، RfD بر اساس استاندارد ملی ایران (۲۰۰۳) میزان مجاز دریافت (ORD) سرب و کادمیوم از مسیر خوردن^۴ به ترتیب ۳/۶ و ۱ میکروگرم در کیلوگرم وزن بدن در روز است. اما برای نیکل، کروم، کبالت، مس و روی حد مجازی ارائه نشده است. بر اساس سازمان بهداشت جهانی (۱۹۹۶) غلظت مجاز دریافت مس، روی، کادمیوم و سرب به ترتیب ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱ و ۴ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد (۳۳). در این

شاخص احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی^۲ (HQ): ارزیابی خطر سلامت برای مصرف‌کنندگان بر اساس مصرف محصولات آلوده با فلز با استفاده از ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) مشخص شد. اگر $HQ < 1$ باشد خطر آشکاری برای مصرف‌کنندگان وجود ندارد. خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی از رابطه ۲ برآورد گردید (۳۰).

$$HQ = \frac{Intake}{RfD} \quad (2)$$

3- Reference dose
4- Oral Reference Dose

1- Hazard Quotient
2- Hazard Quotient

$$THQ = \sum HQ \quad (5)$$

$$HI = \sum THQ = \sum TDHQ \quad (6)$$

که در آن، HQ ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی برای هر عنصر در یک محصول می‌باشد و نسبت خطر (THQ) از مجموع احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی محاسبه شده برای یک عنصر در همه گیاهان خوراکی مورد مطالعه می‌باشد و ارزیابی شاخص خطرپذیری (HI) از مجموع THQ محاسبه شده برای همه عناصر در گیاهان مورد مطالعه محاسبه می‌شود. فاکتور انتقال^۴ (TF): این فاکتور جهت ارزیابی توانایی گیاه در انتقال فلز از ریشه به ساقه مورد استفاده قرار می‌گیرد و از تقسیم غلظت عنصر در بخش هوایی به غلظت عنصر در ریشه محاسبه می‌شود (۳۵).

فاکتور تجمع زیستی^۵ (BCF): یکی از فاکتورهای مهمی که برای اندازه‌گیری میزان تجمع عناصر سنگین در نمونه‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، فاکتور تجمع زیستی است و از تقسیم غلظت عنصر در بخش هوایی به غلظت عنصر در خاک محاسبه می‌شود (۳۶). گونه دارای مقادیر فاکتور تجمع زیستی بالا (بیش‌تر از ۱) برای یک فلز خاص می‌تواند به‌عنوان گونه تثبیت‌کننده عنصر، لحاظ شود (۳۶).

نتایج و بحث

جدول ۲ میانگین غلظت فلزات سنگین را در محصولات زراعی مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲، بیش‌ترین غلظت روی، مس، سرب، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل به‌ترتیب در بخش خوراکی گیاه شاهی (۱۲/۵۴)، نعناع (۳/۳)، نعناع (۱)، تربچه (۰/۲۲)، ریحان (۰/۴۸)، تره (۰/۷۰) و ذرت (۱/۲۴) میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) کم‌تر از حد مجاز و استاندارد ایران بود.

مطالعه بر اساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۲۰۰۶)، غلظت مجاز دریافت مس، روی، کادمیوم، سرب، نیکل، کروم و کبالت به‌ترتیب ۴۰، ۳۰۰، ۱، ۴، ۲۰، ۱۵۰۰ و ۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد (۳۰).

نسبت خطرپذیری همه عناصر در یک گیاه^۱ (THQ): مجموع ضرایب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) همه عناصر مطالعه شده در هر گیاه مجزا، شاخص THQ را نشان می‌دهد. سهم و نسبت خطرپذیری محصولات را به‌طور جداگانه تعیین می‌کند (۳۷).

$$THQ = \sum HQ \text{ elements} \quad (3)$$

شاخص خطرپذیری یک عنصر در همه گیاهان^۲ (TDHQ): مجموع شاخص‌های خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) یک عنصر در همه گیاهان مطالعه شده، شاخص TDHQ را نشان می‌دهد که نسبت و شاخص خطرپذیری هر عنصر را به‌طور جداگانه تعیین می‌کند (۳۷).

$$TDHQ = \sum HQ \text{ plants} \quad (4)$$

شاخص خطرپذیری^۳ (HI): خطر سلامتی کل از جمع THQ برای همه عناصر در تمامی گیاهان مصرفی موردنظر به‌دست می‌آید (۳۰). اگر مقدار خطر کل (خطر سلامتی کل) کم‌تر از یک باشد فرد از لحاظ احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی در محدوده امن قرار دارد و اگر خطر سلامتی کل بیش‌تر از یک باشد فرد احتمالاً تحت‌تأثیر بیماری‌های غیرسرطانی قرار گرفته است (۳۰). از رابطه‌های (۵) و (۶) برای محاسبه شاخص خطرپذیری استفاده گردید.

1- Target Hazard Quotient

2- Total diet THQ (Target Hazard Quotient)

3- Health index (Hazard index)

4- Translocation Factor

5- Bioaccumulation factor

جدول ۲- میانگین غلظت فلزات سنگین در بخش خوراکی محصولات زراعی (میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک).

Table 2. Average concentration of heavy metals concentration in food section of crops (mg / kg dry matter).

Ni	cr	co	cd	pb	cu	zn	نوع گیاه Plant No
0.56	0.44	0.48	0.12	0.58	1.50	8.20	ریحان Basil
0.22	0.65	0.13	0.046	0.41	0.42	12.54	شاهی Garden Cress
0.18	0.10	0.22	0.22	0.33	0.44	3.7	تریچه Radish
0.63	0.70	0.18	0.054	0.67	1.28	6.40	تره Scallion
0.75	0.27	0.18	0.008	1	3.39	5.85	نعناع Spearmint
1.24	0.32	0.38	0.033	0.15	1.69	6.7	ذرت Maize
0.162	0.050	0.066	0.025	0.25	1.59	6.19	برنج Rice
0.30	0.30	0.32	0.20	0.19	1.14	9.35	جعفری Parsley
0.05	0.30	0.11	0.07	0.12	0.48	3.46	چغندر Beet
1.04	4.54	0.13	0.05	0.40	1.16	7.86	مرزه Serviceberry

است. دیویس و اسمیت (۱۹۸۰) در مطالعه‌ای نشان دادند که کاهو، اسفناج، کرفس و کلم، تمایل به تجمع مقادیر زیادی کادمیوم هستند، در حالی که سیب‌زمینی، ذرت، لوبیا و نخود مقدار کمی کادمیوم ذخیره می‌کنند (۵). در واقع جذب کادمیوم در سبزیجات برگ‌گی به مراتب بیشتر از سبزیجات ریشه‌ای و غده‌ای است (۲۰). از مهم‌ترین دلایل تفاوت سطح جذب این فلز می‌توان به استفاده از حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌های حاوی مس و کادمیوم، که علاوه بر ریشه، از طریق ساقه و برگ‌ها جذب شده‌اند اشاره نمود (۲۳).

مقادیر فاکتور انتقال محاسبه شده برای گیاهان (جدول ۳) نشان می‌دهد که گیاه تریچه قادر به تجمع بیش‌تر عناصر سرب، روی، نیکل، کروم، کبالت، کادمیوم و مس در بخش‌هوایی نسبت به ریشه خود بود.

نتایج حاصل از محاسبه فاکتور تجمع زیستی و فاکتور انتقال در این پژوهش نشان‌دهنده آن است که در اکثر موارد و برای بیش‌تر فلزات مورد مطالعه این شاخص‌ها پایین‌تر از یک می‌باشند. بر اساس این مطالعه، غلظت فلزات در گیاهان مورد بررسی از حد آستانه تعریف شده برای گیاهان بیش‌اندوز کم‌تر

جدول ۳- میانگین فاکتور انتقال (TF) و فاکتور تجمع زیستی (BCF) در گیاهان مورد مطالعه.

Table 3. Average Transfer Factor (TF) and bioaccumulation factor (BCF) In the Studied Plants.

pb		Zn		Ni		Cu		Cr		Co		Cd		نوع گیاه Plant No
BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	
0.004	0.37	0.041	0.40	0.011	0.75	0.01	0.41	0.002	0.3	0.031	0.28	0.96	0.41	ریحان Basil
0.004	3.52	0.41	0.40	0.012	1.70	0.012	0.73	0.002	0.30	0.031	0.78	0.96	0.54	شاهی Garden Cress
0.010	1.69	0.034	1.06	0.011	1.36	0.02	1.75	0.003	1.02	0.053	1.30	0.8	1.83	تریچه Radish
0.006	0.59	0.03	0.75	0.005	0.30	0.009	0.41	0.001	1.06	0.02	1.06	0.82	0.78	تره Scallion
0.012	0.85	0.032	1.32	0.010	0.67	0.04	0.67	0.003	0.56	1.01	1.21	0.98	0.58	نعناع Spearmint
0.003	0.80	0.037	0.74	0.013	0.10	0.038	0.89	0.0004	0.16	0.015	0.11	0.4	0.63	ذرت Maize
0.0019	0.13	0.018	0.43	0.004	0.16	0.016	0.28	0.002	0.26	0.017	0.61	0.004	0.13	برنج Rice
0.002	9.5	0.018	0.76	0.017	0.65	0.018	0.33	0.018	0.17	0.075	1.05	0.4	2.85	جعفری Parsley
0.001	0.94	0.017	1.77	0.003	0.64	0.007	0.33	0.001	0.17	0.025	1.83	1.4	1.61	چغندر Beet
0.006	0.45	0.039	0.59	0.060	0.49	0.018	0.38	0.20	0.62	0.031	0.34	1	0.53	مرزه Serviceberry

در روز) کم تر می باشد. در هر دو گروه سنی گیاه برنج و چغندر به ترتیب بیشترین سهم را در ورود روی به بدن دارند. مقدار کل کادمیوم وارد شده به بدن بزرگسالان و کودکان به ترتیب ۰/۱۶۳ و ۰/۱۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می باشد که در هر دو گروه سنی کم تر از مقدار مجاز دریافت روزانه (۲ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) می باشد.

میانگین جذب روزانه فلزات سنگین برای بزرگسالان و کودکان: مقدار جذب روزانه فلزات سنگین توسط بزرگسالان و کودکان در جدول های ۴ و ۵ نمایش داده شده است. مقدار کل روی وارد شده به بدن بزرگسالان و کودکان (به ترتیب ۲۱/۱ و ۲۳/۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) از مقدار مجاز روزانه سفارش شده توسط سازمان دارو و غذای امریکا (۳۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن

جدول ۴- میانگین جذب روزانه فلزات سنگین برای بزرگسالان (میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز).

Table 4. Average Daily Intake of Heavy Metals for Adults ($\mu\text{g kg}^{-1}\text{Day}^{-1}$).

Ni	Cr	Co	Cd	Pb	Cu	Zn	نوع گیاه Plant No
0.013	0.005	0.006	0.002	0.008	0.016	0.140	ریحان Basil
0.014	0.014	0.013	0.004	0.014	0.047	0.713	شاهی Garden Cress
0.122	0.049	0.134	0.018	0.266	0.256	1.815	تریچه Radish
0.013	0.012	0.013	0.004	0.030	0.036	0.439	تره Scallion
0.033	0.013	0.009	0.004	0.058	0.145	0.394	نعناع Spearmint
0.005	0.001	0.002	0.001	0.006	0.054	0.200	ذرت Maize
0.509	0.149	0.188	0.063	0.774	4.394	15.584	برنج Rice
0.026	0.027	0.028	0.018	0.017	0.100	0.822	جعفری Parsley
0.005	0.026	0.010	0.006	0.010	0.042	0.304	چغندر Beet
0.091	0.399	0.012	0.004	0.035	0.102	0.691	مرزه Serviceberry
0.831	0.695	0.415	0.124	1.218	5.192	21.102	جذب کل Total intake

جدول ۵- میانگین جذب روزانه فلزات سنگین برای کودکان (میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز).

Table 5. Average Daily Intake of Heavy Metals for Children ($\mu\text{g kg}^{-1}\text{Day}^{-1}$).

Ni	Cr	Co	Cd	Pb	Cu	Zn	نوع گیاه Plant No
0.059	0.020	0.029	0.008	0.044	0.044	0.652	ریحان Basil
0.025	0.025	0.022	0.007	0.025	0.084	1.210	شاهی Garden Cress
0.144	0.058	0.159	0.022	0.314	0.303	2.145	تریچه Radish
0.024	0.022	0.023	0.006	0.053	0.064	0.778	تره Scallion
0.058	0.022	0.016	0.008	0.102	0.257	0.699	نعناع Spearmint
0.004	0.001	0.002	0.001	0.005	0.046	0.171	ذرت Maize
0.393	0.120	0.160	0.061	0.597	3.835	14.973	برنج Rice
0.046	0.047	0.050	0.031	0.030	0.178	1.457	جعفری Parsley
0.008	0.047	0.017	0.011	0.018	0.075	0.539	چغندر Beet
0.162	0.708	0.021	0.008	0.062	0.181	1.225	مرزه Serviceberry
0.923	1.07	0.499	0.163	1.25	5.067	23.849	جذب کل Total intake

شاخص‌های خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی مربوط به فلزات سنگین برای گروه‌های سنی کودکان و بزرگسال در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده‌اند.

بیش‌ترین ضریب خطرپذیری برای افراد بزرگسال در اثر جذب کادمیوم، کبالت، مس، نیکل، روی و سرب موجود در گیاه برنج (۰/۰۶۲، ۰/۰۰۹، ۰/۱۱۰، ۰/۰۲۵، ۰/۰۵۲، ۰/۱۹۳) و برای کودکان در اثر جذب کادمیوم، کبالت، مس، نیکل، روی و سرب موجود در گیاه برنج (۰/۰۶۱، ۰/۰۰۸، ۰/۰۹۶، ۰/۰۲۰، ۰/۰۵۰ و ۰/۱۴۹) به‌دست آمد. خیرآبادی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود با هدف ارزیابی خطرپذیری عناصر سنگین برای انسان در محصولات کشاورزی استان همدان نشان دادند که اثرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی برای سلامت در اثر جذب یک عنصر با خوردن سیب‌زمینی و گندم وجود ندارد (۱۴). نتایج مطالعه یگانه (۲۰۱۲) نیز که به‌منظور تعیین خطرپذیری ناشی از مصرف فلزات سنگین (سلنیم، جیوه، نیکل، سرب، کروم، کادمیوم و آرسنیک) برای سلامت انسان در استان همدان صورت گرفت، نشان داد که مقدار احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از تمام فلزات به غیر از نیکل و جیوه کم‌تر از یک می‌باشد و خطر در محدوده قابل‌قبول قرار دارد (۳۵). هانگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز در پژوهشی در ایالت چانگشو واقع در شرق چین در بررسی خطرپذیری عناصر سنگین از طریق مصرف برنج برای کودکان و بزرگسالان مشاهده کردند که جذب مس بیش‌ترین و کروم کم‌ترین تأثیر سوء را بر سلامتی انسان در هر دو گروه سنی داشت و در بین عناصر مورد مطالعه مس، روی و سرب بیش‌ترین مشارکت را در مقدار شاخص خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی کل دارا بودند (۸).

برآورد نسبت خطر (TDHQ) و ارزیابی خطر سلامتی کل (HI): جدول‌های ۶ و ۷ برآورد نسبت خطر و ارزیابی خطر سلامتی کل برای افراد بزرگسال و کودکان را نشان می‌دهد.

گیاه برنج و تربچه به‌ترتیب در گروه سنی بزرگسالان و کودکان بیش‌ترین سهم را در ورود کادمیوم به بدن دارند. مقدار کل کروم وارد شده به بدن بزرگسالان و کودکان به‌ترتیب ۰/۶۹۷ و ۱/۰۷ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز به‌دست آمد. مقدار کروم ورودی به بدن در هر دو گروه سنی کم‌تر از مقدار حد قابل تحمل خوردن (۱۵۰۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) می‌باشد. در هر دو گروه سنی گیاه مرزه بیش‌ترین سهم را در ورود کروم به بدن دارد. میزان ورود مس به بدن در دو گروه سنی کوچک‌تر از مقدار مجاز توصیه شده روزانه و حد قابل تحمل خوردن مس (۴۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) می‌باشد. در هر دو گروه سنی بیش‌ترین مقدار ورود مس به بدن توسط برنج می‌باشد. مقدار کل نیکل وارد شده به بدن بزرگسالان و کودکان به‌ترتیب ۰/۸۳۱ و ۰/۹۲۳ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز می‌باشد که از مقدار مجاز توصیه شده روزانه و بالاترین حد قابل تحمل نیکل (۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) کم‌تر می‌باشد. در هر دو گروه سنی برنج بیش‌ترین سهم را در ورود نیکل به بدن دارد.

برآورد ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی^۱ (HQ): مصرف غذا به‌عنوان مهم‌ترین مسیر قرارگیری انسان در معرض فلزات سنگین شناخته شده است که از این طریق می‌تواند سلامت انسان را مورد تهدید قرار دهد. ضریب خطرپذیری برای همه عناصر سنگین مورد مطالعه ناشی از مصرف یک محصول، کم‌تر از یک به‌دست آمد. چنانچه مقدار ضریب خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی کم‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده این است که خطر در محدوده قابل‌قبول قرار دارد (۲۹) و بیانگر این است که احتمال اثرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی برای عناصر مورد مطالعه از مصرف محصولات کشاورزی به تنهایی وجود ندارد.

جدول ۶- برآورد نسبت خطرپذیری (THQ) و ارزیابی شاخص خطرپذیری (HI) برای بزرگسال.

Table 6. Estimation of target hazard Quotient and hazard index for Adults.

THQ	Ni	Cr	Co	Cd	Pb	Cu	Zn	نوع گیاه Plant Type
0.014	0.002	0.000	0.001	0.004	0.005	0.001	0.001	ریحان Basil
0.017	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	شاهی Garden Cress
0.110	0.006	0.000	0.007	0.018	0.066	0.006	0.006	تریچه Radish
0.015	0.001	0.000	0.001	0.004	0.008	0.001	0.001	تره Scallion
0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	نعناع Spearmint
0.005	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	ذرت Maize
0.453	0.025	0.000	0.009	0.063	0.193	0.110	0.052	برنج Rice
0.030	0.001	0.000	0.001	0.018	0.004	0.003	0.003	جعفری Parsley
0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	چغندر Beet
0.023	0.005	0.000	0.001	0.004	0.009	0.003	0.002	مرزه Serviceberry
0.673(HI)	0.043	0.003	0.022	0.117	0.291	0.127	0.069	TDHQ

جدول ۷- برآورد نسبت خطرپذیری (THQ) و ارزیابی شاخص خطرپذیری (HI) برای کودکان.

Table 7. Estimation of target hazard Quotient and hazard index for Children.

THQ	Ni	Cr	Co	Cd	Pb	Cu	Zn	نوع گیاه Plant Type
0.027	0.003	0.000	0.001	0.008	0.011	0.001	0.002	ریحان Basil
0.017	0.000	0.000	0.000	0.004	0.006	0.002	0.004	شاهی Garden Cress
0.130	0.007	0.000	0.008	0.022	0.078	0.008	0.007	تریچه Radish
0.019	0.001	0.000	0.001	0.003	0.011	0.001	0.001	تره Scallion
0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	نعناع Spearmint
0.004	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	ذرت Maize
0.384	0.020	0.000	0.008	0.061	0.149	0.096	0.050	برنج Rice
0.055	0.003	0.000	0.001	0.009	0.021	0.014	0.007	جعفری Parsley
0.020	0.000	0.000	0.001	0.011	0.005	0.002	0.002	چغندر Beet
0.042	0.008	0.000	0.001	0.008	0.016	0.005	0.004	مرزه Serviceberry
0.700 (HI)	0.043	0.001	0.022	0.127	0.301	0.129	0.078	TDHQ

بررسی ارزیابی خطر عناصر سنگین بر سلامت انسان از طریق مصرف محصولات کشاورزی در استان اصفهان، مقدار نسبت خطر را برای آرسنیک و سرب برای گروه‌های سنی کودکان و بزرگسالان بزرگ‌تر از ۱ برآورد کردند (۲۴). همچنین هو و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که برای عناصر Cu, Pb, Cd و Zn مقدار نسبت خطر برای هر دو گروه سنی از طریق مصرف سبزیجات در نانجینگ چین کم‌تر از یک بود. این پژوهشگران بیان نمودند که عناصر سنگین از طریق مصرف سبزیجات سلامت مصرف‌کننده را تهدید نمی‌کند ولی باید به خطر تجمع طولانی مدت عناصر سنگین به‌خصوص در کودکان توجه شود (۹). محمود و مالیک (۲۰۱۴) در ارزیابی خطر عناصر سنگین از طریق مصرف سبزیجات آبیاری شده با فاضلاب بر سلامت انسان گزارش کردند که کادمیوم و منگنز به‌طور شدید سلامت مصرف‌کننده از سبزیجات را تهدید می‌کند (۱۴). شاخص خطرپذیری کل یا شاخص سلامت (HI) که حاصل جمع شاخص‌های نسبت خطرپذیری TDHQ یا THQ است، در هر دو گروه سنی بزرگسال (۰/۶۷۳) و کودک (۰/۷۰۰) تقریباً مشابه و کم‌تر از یک و در محدوده مجاز (سالم) قرار گرفت. سهم برنج در HI بیش‌تر از سایر گیاهان بود (۷۰ درصد). سرب، مس، کادمیوم و روی سهم بیشتری در افزایش HI نسبت به سایر عناصر داشتند، کبالت و کروم نقش بسیار ناچیزی در این شاخص داشتند.

نتیجه‌گیری

برآورد جذب روزانه، شاخص‌های خطرپذیری عناصر و شاخص خطر کل (شاخص سلامت) برای همه عناصر سنگین مورد مطالعه ناشی از مصرف محصولات کم‌تر از یک بود که نشان می‌دهد در صورت مصرف سبزیجات مطابق با الگوی استاندارد

نسبت خطرپذیری همه عناصر در یک گیاه (THQ) در هر محصول به‌طور جداگانه کم‌تر از یک بود. شاخص THQ یا نسبت خطر ناشی از کل عنصر به‌وسیله یک گیاه خاص مورد مطالعه در هر دو گروه سنی، به‌صورت زیر کاهش یافت: (چغندر > ذرت > نعنای > ریحان > تره > شاهی > مرزه > جعفری > تربچه > برنج). مصرف‌کنندگان این محصولات با خطرات بیماری‌های غیرسرطانی قابل‌توجهی مواجه نیستند. این شاخص در گروه سنی بزرگسال و کودک برای برنج (۰/۴۵۳ و ۰/۳۸۴) و تربچه (۰/۱۱۰ و ۰/۱۳۰) بیش‌تر از سایر محصولات بود در حالی که در گیاهان ذرت، نعنای، ریحان و تره بسیار پایین و در دامنه سالم و بی‌خطر قرار گرفت.

نسبت خطرپذیری هر عنصر در مجموع محصولات کشاورزی مطالعه شده در منطقه (TDHQ) کم‌تر از یک بود و بیانگر عدم وجود خطر بیماری‌های غیرسرطانی برای مصرف‌کنندگان ناشی از مصرف ۱۰ محصول بررسی شده (جدول ۱) است. سرب در گروه سنی کودکان بیش‌ترین TDHQ (۰/۳۰۰) را نشان داد و بیانگر احتمال خطرپذیری بیش‌تر سرب در مجموع محصولات مصرفی نسبت به سایر عناصر است. شاخص TDHQ یا نسبت خطر ناشی از مصرف هر عنصر به‌وسیله گیاهان مورد مطالعه در هر دو گروه سنی، به‌صورت زیر کاهش یافت: (Pb > Cu > Cd > Zn > Ni > Co > Cr) مصرف‌کنندگان محصولات با خطرات بیماری‌های غیرسرطانی قابل‌توجهی مواجه نیستند. در هر دو گروه سنی عناصر سرب و کروم به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار نسبت خطر را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به سهم و نسبت بیش‌تر عناصر سرب، مس و کادمیوم در مواد غذایی، کنترل مستمر این عناصر در مواد غذایی منطقه ضروری به‌نظر می‌رسد. صالحی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) در

است که احتمال خطر ناشی از عناصر مورد مطالعه از مسیر خوردن گیاهان مورد بررسی برای هر دو گروه سنی مورد مطالعه در این پژوهش در اراضی مورد مطالعه به طور جدی وجود ندارد اما توجه به سرب، مس و کادمیوم در محصولات منطقه ضروری است.

کشوری، احتمال مواجهه با بیماری‌های غیرسرطانی برای عناصر سنگین مورد مطالعه از مصرف محصولات کشاورزی شهرستان ورامین وجود ندارد. میزان شاخص خطرپذیری کل برای همه گروه‌های سنی مورد مطالعه کم‌تر از ۱ به دست آمد و نشان‌دهنده این

منابع

1. Aghili, F., Khoshgoftarmanesh, A.H., Afyuni, M., and Schulin, R. 2010. Health risks of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran. *Human and Ecological Risk Assessment*, 15: 999-1015.
2. Chavoshi, E.M., Afyuni, M.A., Hajabbasi, A.H., Khoshgoftarmanesh, K.C., Abbaspour, H. Shariatmadari, H., and Mirghafar, N. 2011. Health risk assessment of fluoride exposure in soil, plants and water at Isfahan, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment*. 17: 414-430.
3. Cherfi, A., Abdoun, S., and Gaci, O. 2014. Food survey: levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables consumed in Algeria. *Food and Chemical Toxicology*. 70: 48-53.
4. Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., and Liang, J.Z. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*. 30: 6. 785-791.
5. Davis, R.R., and Smith C. 1980. Crops as indicators of the significance of contamination of soil by heavy metals. *Water Reserch center stevenage UK*, 140p.
6. DeFlora, S., Camoirano, A., Bagnasco, M., Bennicelli, C., Corbett, G.E., and Kerger, B.D. 1997. Estimates of the chromium (VI) reducing capacity in human body compartments as a mechanism for attenuating its potential toxicity and carcinogenicity. *Carcinogenesis*. 18: 531-537.
7. Food and Nutrition Board. 2000. Dietary reference intakes (DRIs) recommended intakes for individuals. *Institute of Medicine, National Academy of Sciences*. 292p.
8. Hang, X., Wan, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C., and Chen, X. 2009. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice in a typical area of Yangtze River Delta. *Environmental pollution*. 157: 2542-2549.
9. Hu, W., Huang, X, Shi, W., Chen, Y., and Jiao, W. 2013. Accumulation and health risk of heavy metals in a plot-scale vegetable production system in a peri-urban vegetable farm near Nanjing, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 98: 303-309.
10. Jia L., Wang W., Li Y., and Yang L. 2010. Heavy metals in soil and crops of an intensively Farmed area: A case study in Yucheng city, Shandong province, China. *Inter. J. Environ. Res. Pub. Health*. 7: 395-412.
11. Jones, J.B. 2001. *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC Press, Boca Raton, FL. 384p.
12. Keller A. 2000. Assessment of uncertainty in modeling heavy metal balances of regional agro ecosystem. *J. Environ. Qual*. 31: 1. 175-187.
13. Khan, S., Ca, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z., and Zhu, Y.G. 2008. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental pollution*. 152: 3. 686-92.
14. Kheirabadi, H., Afyuni, M., Ayoubi, Sh., and Soffianian, A. 2016. Risk assessment of heavy metals in soils and major food crops in the Province of Hamadan. *J. Water Soil Sci*. 74: 27-38. (In Persian)

15. Khoshgoftarmanesh, A.H., Aghili, F., and Sanaeiostovar, A. 2009. Daily intake of heavy metals and nitrate through greenhouse cucumber and bell pepper consumption and potential health risks for human. *Inter. J. Food Sci. Nutr.* 60: 199-208.
16. Larchevêque, M., Ballini, C., Korboulewsky, N., and Montes, N. 2006. The use of compost in afforestation of Mediterranean areas effects on soil properties and young tree seedlings. *Science of the total Environment.* 369: 220-230.
17. Li, Z., Ma, Z., van der Kuijp, T.J., Yuan, Z., and Huang, L. 2014. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Science of the total Environment.* 468-469: 843-53.
18. Mahmood, A., and Malik, R.N. 2014. Human health risk assessment of heavy metals via consumption of contaminated vegetables collected from different irrigation sources in Lahore, Pakistan. *Arabi. J. Chem.* 7: 91-99.
19. Manab, D., and Maiti, S.K. 2007. Metal Accumulation in 5 Native Plants Growing On Abandoned Cu-Tailing Ponds. *Applied Ecology and Environmental Research.* 5: 1. 27-35.
20. Mohammadi, J. 2001. Cadmium Concentration in Vegetable Crops Grown in Polluted Soils of Kempen Region (Belgium). Fourth National Conference on Environmental Health. Pp: 528-535. (In Persian)
21. Muchuweti, M., Birkett, J.W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M.D., and Lester, J.N. 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. *Agriculture Ecosystem & Environment*; 112: 1. 41-48.
22. Narin, I., Tuzen, M., Sari, H., and Soylak, M. 2005. Heavy metal content of potato and corn chips from Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* 74: 6. 1072-1077.
23. Rashid Yasami, H. 1967. *Toxicology.* Tehran University Publication. 308p. (In Persian)
24. Robson, M. 2003. Methodologies for assessing exposures to metals: Human host factors. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 56: 104-109.
25. Salehipour, M., Ghorbani, H., Kheirabadi, H., and Afyuni, M. 2015. Health Risks from Heavy Metals via Consumption of Cereals and Vegetables in Isfahan Province, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment.* 21: 7. 1920-1935.
26. Singh, R.P., and Agrawal, M. 2008. Potential benefits and risks of land application of sewage sludge. *Waste Management.* 28: 2. 347-358.
27. Tahsini, H., and Gavilian, H. 2016. Assessment risk food of heavy metals (cadmium, lead, zinc and copper) from the consumed crops have been distributed in Sanandaj. *Zanko J. Med. Sci.* 17: 54. 62-72. (In Persian)
28. Torabian, A., and Mahjouri, M. 2002. Heavy metals uptake by vegetable crops irrigated with waste water in south Tehran. *J. Environ. Stud.* 16: 2. 189-196. (In Persian)
29. USEPA (US Environmental Protection Agency). 1989. *Risk Assessment Guidance for Superfund. Human Health Evaluation Manual Part A.* Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC. 385p.
30. USEPA, IRIS 2006. United States, Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System Program. 43p.
31. USEPA. 2000. *Risk-based concentration table.* Office of Health and Environmental Assessment, Washington DC, USA. 385p.
32. Wang, X., Sato, T., Xing, B., and Tao, S. 2005. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the total Environment.* 350: 28-37.
33. WHO. 1996. *Trace Elements in Human Nutrition a Health: WHO Geneva.* Available from: http://whqlibdoc.who.int/publications/1996/9241561734_eng_fulltext.pdf.

34. Winsor, G.W. 1973. Nutrition in the U.K. Tomato manual. Grower books, London. 8: 1246-1252.
35. Yeganeh, M., Afyuni, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., Khodakarami, L., Amini, M., Soffyanian, A.R., and Schulin, R. 2013. Mapping of human health risks arising from soil nickel and mercury contamination. J. Hazard. Mater. 244-245: 225-239.
36. Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., and Ma, L.Q. 2006. Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site, Science of The Total Environment. 368: 456-664.
37. Zheng, N., Wang, Q., and Zheng, D. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn and Cu to the inhabitants around Huludao Zinc Plant in China via consumption of vegetables. Science of The Total Environment. 383: 81-89.



Assessing Heavy Metals Risk Indices Caused by Vegetable Consumption in Varamin city

*M. Babaakbari Sari¹, M. Shakouri² and A. Hasani¹

¹Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan,

²M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, University of Zanjan

Received: 05.23.2018; Accepted: 09.23.2018

Abstract

Background and Objectives: Excessive accumulation of heavy metals in agricultural soils, not only leads to environmental pollution but also increases the absorption of heavy metals by plants. Food consumption had been identified as the major pathway of human exposure. The purpose of this study was to determine the concentration of some heavy metals in common vegetables and plants in the region in a part of the agricultural land of Varamin in Tehran province and assess the environmental risk of heavy metals using human health indices.

Materials and Methods: The composite sampling of basil, garden cress, radish, chives, mint, parsley, chard and savory, as well as corn and rice in a region of 50 hectares with three replications was done randomly. Samples were prepared by dry digestion method and cadmium, lead, zinc, copper, chromium, cobalt and nickel concentrations were determined using atomic absorption spectrometry. Following the results of the experiment, the Bioaccumulation Factor (BCF), Translocation Factor (TF), Average Daily Intake Index (EDI), Target Hazard Quotient (THQ) and Health Index (HI) were calculated.

Results: The highest average concentrations of zinc, copper, lead, cadmium, cobalt, chromium and nickel were found in garden cress (12.54), mint (3.3), mint (1), radish (0.22) basil (0.48), chives (0.70) and corn (1.24 mg/kg dry matter) were observed. The Translocation Factor (TF) of lead in garden cress, cadmium in parsley, zinc in chard, cobalt, chromium and lead in radish and chromium in savory were more than 1. In contrast, Transfer Factor (TF) values for rice, corn and oats were less than 1 for all the heavy elements. The Bioaccumulation Factor (BCF) of cobalt in peppermint and cadmium for chard and savory were more than one and for other plants, the amount of this factor for the metal studied was less than one. Cadmium, cobalt, copper, nickel, zinc and lead in rice plant in adults (0.062, 0.029, 0.110, 0.225, 0.052, 0.193) and in children (0.061, 0.008, 0.096, 0.020, 0.050 and 0.149) have the highest risk of non-cancerous diseases (HQ) for residents of the region. THQ in both age groups was reduced as follows: (Corn, Sugar, Mint, Basil, Rice, Parsley, Radish and Rice) and was placed on a healthy range.

Conclusion: The value of Target Diet Hazard Quotient (TDHQ) was less than one, indicating the absence of risk of non-cancerous diseases for consumers due to the consumption of 10 examined products in accordance with Iran's national consumption patterns. Lead in the children's age group showed the highest TDHQ (0.300), indicating a higher risk of lead risk in the total consumption of products than other elements. Overall, the results showed the total Health Index (HI) of heavy elements for each of the studied age groups was less than 1, indicating that the residents in the study area are in a safe condition

Keywords: Bioaccumulation Factor (BCF), Hazard Index, Translocation Factor (TF)

* Corresponding Author; Email: babaakbari@znu.ac.ir

