ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) در محصولات گلخانه‌ای برداشت‌شده از گلخانه‌های اطراف معدن ایرانکوه در سال ۱۳۹۶

امیرحسین بقائی[۱*]، مهران کشاورزی[۲]

۱. گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.
۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۴

چکیده

زمینه آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین دائماً درحال گسترش است و سلامت انسان را به‌خطر انداخته است. در این میان، برداشت از معادن حاوی فلزات سنگین، ازجمله سرب و کادمیوم، موجب افزایش آلودگی خاک شده است. بنابراین، این تحقیق با هدف ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) در محصولات گلخانه‌ای برداشت‌شده از گلخانه‌های اطراف معدن ایرانکوه صورت پذیرفت.

روش کار در این مطالعهٔ توصیفی ـ مقطعی، ۱۰ گلخانهٔ خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل‌دلمه‌ای در اطراف مجتمع ایرانکوه به‌طور تصادفی انتخاب شد؛ به‌نحوی که نشانگر الگوی پراکنش کادمیوم و سرب موجود در منطقه باشد. در زمان برداشت محصول، نمونه‌برداری از میوه و خاک گلخانه صورت پذیرفت. در هر نمونه‌برداری، ۱۰ نمونه از هر محصول و همچنین خاک سطحی هر گلخانه برای آزمایش انتخاب شد. غلظت سرب و کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد و ارزیابی خطر سلامتی این فلزات براساس مدل پیشنهادی آژانس محیط زیست امریکا تعیین شد.

یافته‌ها بیشترین و کمترین میزان جذب کادمیوم و سرب روزانهٔ بدن انسان در گروه سنی ۳ تا ۶ سال به‌ترتیب مربوط به مصرف ۵۵ و ۱۰۰ گرم در روز فلفل‌دلمه‌ای و خیار بود. در گروه بزرگ‌سال ۱۸ تا ۳۵ سال نیز، نتایج مشابهی مشاهده شد. ضریب خطرپذیری کادمیوم برای تمام گروه‌های سنی بیشتر از سرب بود. بیشترین ضریب خطرپذیری سرب و کادمیوم مربوط به ورود آن‌ها از طریق تماس پوستی با خاک بوده و کمترین آن از طریق ورود از طریق بلع بوده است.

نتیجه‌گیری نتایج این پژوهش نشان داد که غلظت بالای سرب و کادمیم در محصولات گلخانه‌ای تولیدشده در اطراف معدن ایرانکوه مسئلهٔ مهمی برای سلامت مصرف‌کنندگان این محصولات محسوب می‌شود که باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها:
ریسک آلودگی، سرب، کادمیوم، معدن ایرانکوه.

۱. مقدمه

فلزات سنگین ازقبیل کادمیوم، سرب و جیوه از آلاینده‌های زیست‌محیطی هستند که در سطح یا بافت تازهٔ گیاهان یافت می‌شوند. در بین فلزات سنگین، کادمیوم و سرب اهمیت ویژه‌ای دارند؛ زیرا به‌راحتی جذب گیاهان می‌شوند و سمّی بودن آن‌ها برای گیاهان تا بیست‌برابر سایر فلزات سنگین است. آلودگی خاک با فلزات سنگین یکی از مشکلات زیست‌محیطی است که علاوه‌بر کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولیدات کشاورزی و سلامت جامعهٔ بشری را به‌خطر می‌اندازد [۱]. تقریباً نیمی از میانگین سرب و

* **نویسندهٔ مسئول: امیرحسین بقائی**
نشانی: گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران.

تلفن: ۰۹۱۳۱۶۹۶۷۲۱ **دورنگار:** ۰۸۶-۳۴۱۳۲۲۷۹
رایانه: a-baghaie@iau-arak.ac.ir
شناسه ORCID: 0000-0002-8936-1202
شناسه ORCID نویسنده اول: 0000-0002-8936-1202

مجلهٔ علمی ـ پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، دورهٔ ۲۶، شمارهٔ ۲، مرداد و شهریور ۱۳۹۸، ص ۲۹۳-۳۰۲
آدرس سایت: http://jsums.medsab.ac.ir رایانامه: journal@medsab.ac.ir
شاپای چاپی: ۷۴۸۷-۱۶۰۶

کادمیوم از طریق غذاهای ناشی از منشأ گیاهی (میوه، سبزی ، غلات و حبوبات) است. آلودگی خاک به فلزات سنگین ممکن است به‌طور وسیعی در شهرها گسترش یابد که ناشی از کارهای صنعتی یا فعالیت‌های معادن است. فلزات سنگین به‌روش‌های مختلفی وارد بدن انسان می‌شوند. برای مثال استنشاق گردوغبار و مصرف فلزات سنگین توسط گیاهان رشدیافته در منطقه منجر به ورود فلزات سنگین به زنجیرهٔ غذایی خواهد شد [۲].

ظفرزاده و همکار [۳] در مطالعه‌ای با عنوان «بررسی غلظت فلزات سنگین روی، مس، سرب و کادمیوم در خیار و گوجه‌فرنگی توزیع‌شده در میدان‌های میوه و تره‌بار گنبد و گرگان» میانگین غلظت کادمیوم و سرب را به‌ترتیب در نمونه‌های خیار بیش از ۲ و ۱۴، در نمونه‌های گوجه‌فرنگی گنبد ۰/۶ و ۵ و در نمونه‌های گوجه‌فرنگی گرگان ۱/۶ و ۷برابر بیش از حد مجاز تعیین‌شدهٔ سازمان بهداشت جهانی (به‌ترتیب برای سرب و کادمیوم برابر ۰/۳ و ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) برآورد کرده‌اند. ناظمی و همکاران [۴] میزان عناصر سرب و کادمیوم را در سبزیجات گلخانه‌ای در حومهٔ شهر شاهرود مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد میانگین سرب و کادمیوم در سبزیجات بیش از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) بوده است؛ آن‌ها همچنین آلودگی خاک به فلزات سنگین را مهم‌ترین عامل آلودگی سبزیجات دانستند. اصولاً سبزیجات جزء مهمی از زنجیرهٔ غذایی انسان است؛ زیرا دارای کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، مواد معدنی و عنصر کم‌مصرف است [۵].

در سال‌های اخیر در جوامع شهری، مصرف سبزیجات رو به افزایش است و کاشت این سبزیجات در مناطق آلوده به فلزات سنگین اثر مخربی بر سلامت انسان خواهد داشت [۶]. از یک سو با توجه به اهمیت این‌قبیل مواد غذایی و مصرف سبزیجات آلوده و از سوی دیگر به‌دلیل ورود فلزات سنگین به چرخهٔ غذایی انسان، باید با انجام دادن مطالعات منطقه‌ای و بررسی علل و عوامل آلاینده، سلامت غذایی سبزیجات مصرفی مورد بررسی قرار گیرد. یافته‌های خان و همکاران [۷] در بررسی ضرایب خطرپذیری عناصر سنگین ناشی از مصرف سبزی در شمال پاکستان نشان داد که مصرف سبزی‌های آلوده می‌تواند موجب اثرات سوء بر سلامتی انسان شود. در پژوهش دیگری در جنوب چین، برای تعیین غلظت عناصر سرب و کادمیوم در دانهٔ گیاه سویای کشت‌شده در نزدیک معدن داباوشان مشاهده شد که دانه‌های سویایی که در مجاورت معدن کشت شده‌اند، دارای تجمع برخی از فلزات هستند. همچنین کاهش غلظت فلزات سنگین در دانهٔ سویا با افزایش فاصله از معدن مشاهده شد [۸]. با توجه به مطالب ذکرشده ارزیابی خطر آلودگی فلزات سنگین امری ضروری به‌نظر می‌رسد [۹ـ۱۱].

برین و همکار [۱۲] در تحقیقی به ارزیابی خطر ناشی از مس و روی در گندم و برنج و خاک اطراف معدن ایرانکوه اصفهان پرداختند. به‌گزارش آن‌ها، میزان جذب روزانهٔ مس و روی در محصولات کشاورزی در اطراف این منطقه پایین‌تر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) بوده است. همچنین این محققان گزارش کردند که ضریب خطرپذیری ناشی از مصرف گندم و جو در این منطقه کمتر از ۱ بوده است.

با توجه به اهمیت بهداشتی میزان فلزات سنگین در سبزیجات و نقش آن‌ها در سلامتی انسان، ضرورت بررسی سلامت استفاده از محصولات گلخانه‌ای امری ضروری به‌نظر می‌رسد [۱۳]. با توجه به اینکه غلظت فلزات سنگین در خاک به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بستگی دارد [۱۴]، ارزیابی ریسک آلودگی فلزات سنگین در هر منطقه و بیان خطر ورود فلزات سنگین برای ساکنان آن‌ها لازم است [۱۵]. تاکنون تحقیقات و مطالعات اندکی درمورد آلودگی محصولات کشت‌شده در اطراف معادن ایران انجام شده است [۱۲]؛ لذا تعیین وضعیت آلودگی محصولات مختلف کشاورزی و بیان ریسک آلودگی به فلزات سنگین در آن‌ها ضرورت دارد. بنابراین، تحقیق حاضر با ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) در محصولات گلخانه‌ای برداشت‌شده از گلخانه‌های اطراف معدن ایرانکوه (در بیست‌کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان) صورت پذیرفته است.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعهٔ توصیفی ـ مقطعی بر روی ۱۰۰ نمونه از محصولات گلخانه‌ای خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل‌دلمه‌ای در ۱۰ گلخانهٔ اطراف مجتمع ایرانکوه به‌صورت تصادفی انجام شد؛ به‌نحوی که نمونه‌ها بتواند گویای وضعیت پراکنش آلودگی سرب و کادمیوم منطقه باشد. جهت بررسی نقش آلودگی این خاک‌ها در زنجیرهٔ غذایی انسان، ۱۰ گلخانهٔ کاشت محصولات صیفی و سبزی واقع در شعاع یک تا سه‌کیلومتری معدن ایرانکوه انتخاب شد و نمونه‌برداری از خاک و گیاه منطقه صورت پذیرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد؛ پس از شستن آن‌ها، بخش خوراکی گیاه جدا شد و پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، غلظت سرب و کادمیوم موجود در آن‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه

جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شد [۱۶]. غلظت سرب و کادمیوم کل موجود در نمونه‌های خاک به‌روش بقائی و همکاران [۱۷] اندازه‌گیری شد.

ارزیابی خطر ناشی از ورود سرب و کادمیوم به بدن از مسیر جذب پوستی براساس معادلهٔ ۱ محاسبه شد [۱۲].

(معادلهٔ ۱)

$$DAD = DA\ event \times EV \times ED \times EF \times SA / (BW\ AT)$$

$$DAevent = C_{soil} \times CF \times AF \times ABS_d$$

در این معادله:

DAD: میزان جذب از طریق پوست (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز).

DAevent: مقدار جذب از طریق پوست در هر رخداد (میلی‌گرم بر سانتی‌مترمربع در رخداد).

EV: دفعات رخداد (رخداد در روز).

EF: دفعات تماس (روز در سال).

ED: مدت قرارگیری در معرض فلزات (سال).

SA: ناحیه‌ای از سطح پوست قرارگرفته در معرض فلزات (سانتی‌مترمربع).

BW: وزن شخص قرارگرفته در معرض فلزات برای کودکان ۱ـ۶ سال برابر ۱۵ کیلوگرم و برای بزرگسالان ۷۰ کیلوگرم درنظر گرفته شد [۱۲].

AT: مدت زمان قرارگیری در معرض فلزات به‌طور میانگین (روز) که ED × ۳۶۵ است.

C_{soil}: غلظت فلز سنگین در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک).

CF: فاکتور تبدیل که برابر 10^{-6} کیلوگرم بر میلی‌گرم است.

AF: فاکتور چسبیدن خاک به پوست (میلی‌گرم بر سانتی‌مترمربع در هر رخداد).

ABS_d: نسبت جذب از طریق پوست.

قابل ذکر است که میانگین و بیشینهٔ برخی پارامترهای مورد نیاز در معادلهٔ ۱ که در جدول ۱ ذکر شده، براساس مقادیر قیدشده توسط آژانس محیط زیست امریکاست.

جدول ۱. میانگین و بیشینهٔ مقادیر پیشنهادشده برای جذب پوستی سرب و کادمیوم بر اثر تماس با خاک [۱۸]

پارامترهای تماس	واحد	میانگین	بیشینه
EV	رخداد در روز	۱	۱
EF	روز در سال	۳۵۰	۳۵۰
ED	سال	۹	۳۰
ABS_d	----	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
SA	سانتی‌مترمربع	کودک: ۲۸۰۰ بزرگسال: ۵۷۰۰	کودک: ۲۸۰۰ بزرگسال: ۵۷۰۰
AF	میلی‌گرم بر سانتی‌مترمربع	کودک: ۰/۰۴ بزرگسال: ۰/۰۱	کودک: ۰/۲ بزرگسال: ۰/۰۷

میزان جذب سرب و کادمیوم از طریق مصرف محصولات گلخانه‌ای یا بلع خاک براساس معادلهٔ ۲ محاسبه شد [۱۹].

(معادلهٔ ۲)

$$Intake = C \times IR \times EF \times ED \times AF \times CF / BW \times AT$$

در این معادله:

Intake: میزان جذب روزانه (میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز).

C: غلظت عنصر سرب و کادمیوم در خاک و محصولات گلخانه‌ای (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

IR: میزان مصرف متوسط و حداکثر روزانهٔ محصولات (میلی‌گرم در روز) [۲۰]؛ میزان بلع روزانهٔ خاک برای دو گروه سنی بزرگسال و کودکان به‌طور جداگانه برابر ۰/۱ و ۰/۲ گرم در روز درنظر گرفته شد [۲۱].

EF: فراوانی قرارگیری در معرض سرب و کادمیوم (روز در سال) که برای هر دو گروه سنی با توجه به اینکه ساکنان روستاهای اطراف در معرض دائم آلایندگی هستند، برابر ۳۶۵ روز تعیین شد.

ED: مدت قرارگیری در معرض فلزات (سال) که برای بزرگسالان ۲۴ سال و برای کودکان ۶ سال درنظر گرفته شد [۲۱].

BW: وزن شخص قرارگرفته در معرض فلزات برای کودکان ۱۵ کیلوگرم و برای بزرگسالان ۵۵/۹ کیلوگرم تعیین شد [۲۱].

AT: مدت زمان قرارگیری در معرض فلزات به‌طور میانگین (روز) که ED × ۳۶۵ است [۱۲].

AF: فاکتور جذب (بدون واحد) ۱۰۰ درصد درنظر گرفته شد [۱۲].

CF: فاکتور تبدیل (10^{-6} کیلوگرم بر میلی‌گرم) [۱۲].

همچنین میزان جذب عناصر از طریق استنشاق از معادلهٔ ۳ محاسبه شد [۱۲].

(معادلهٔ ۳)

$$CDI = CS \times IR \times F_{Inh} \times EF \times ED / BW \times AT \times PEF$$

در این معادله:
CDI: جذب روزانه (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز).
CS: غلظت آلاینده در خاک (میلی‌گرم بر کیلوگرم).
IR: میزان استنشاق براساس مترمکعب در روز که برای کودکان و بزرگ‌سالان به‌ترتیب برابر ۱۰ و ۲۰ است.
F_{Inh}: نسبت استنشاق ۱ تعیین شد.
EF: فراوانی قرارگیری در معرض فلزات (روز در سال) که برای ساکنان منطقه برابر ۳۶۵ روز درنظر گرفته شد.
ED: مدت قرارگیری در معرض فلزات (سال) که برای بزرگ‌سالان ۲۴ سال و برای کودکان ۳ تا ۶ سال درنظر گرفته شد.
PEF: فاکتور انتشار فلزات از خاک به هوا (مترمکعب بر کیلوگرم) که برابر $۱/۳۶ \times ۱۰^{۹}$ برای هر دو گروه سنی است.

ضریب خطرپذیری سرب یا کادمیوم به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از مصرف محصولات گلخانه‌ای یا ورود خاک آلاینده به بدن از مسیرهای بلع ($HQ_{Injestion}$)، استنشاق ($HQ_{inhalation}$) و تماس پوستی (HQ_{dermal})، همچنین میزان خطرپذیری کل به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از جذب روزانه هر عنصر (THQ) با استفاده از معادلهٔ ۴ محاسبه شد [۲۱].

(معادلهٔ ۴)

$$HQ_{Injestion} = Intake / RFD$$

$$HQ_{inhalation} = CDI / RFD_i$$

$$HQ_{dermal} = DAD / RFD_i$$

$$THQ = (HQ_{Injestion} + HQ_{inhalation} + HQ_{dermal})$$

در این معادله:

$HQ_{Injestion}$، $HQ_{inhalation}$ و HQ_{dermal} به‌ترتیب شامل جذب از طریق مصرف محصول گلخانه‌ای یا بلع، استنشاق و تماس پوستی هستند.

RFD نشان‌دهندهٔ حداکثر غلظتی از عنصر است که برای موجودات زنده مشکلی ایجاد نکرده است. قابل ذکر است که مقدار RFD_i برای عنصر کادمیوم در مسیر بلع و تنفسی برابر ۱×۱۰^{-۳} و برای مسیر جذب پوستی ۱×۱۰^{-۵} و برای عنصر سرب، مقدار RFD_i در مسیر بلع ۳×۱۰^{-۳} ، در مسیر تنفسی $۳/۵۲ \times ۱۰^{-۳}$ و برای مسیر جذب پوستی $۵/۲۵ \times ۱۰^{-۴}$ درنظر گرفته شد [۲۱].

DAD، Intake و CDI همان پارامترهای معرفی‌شده در معادلات ۱ـ۳ است.

۳. یافته‌ها

نتایج جدول ۲ حاکی از آن است که بیشترین میانگین جذب روزانهٔ سرب به‌میزان ۱/۹۸ میکروگرم سرب بر کیلوگرم وزن بدن در روز ناشی از مصرف ۵۵ گرم در روز فلفل‌دلمه‌ای (به‌طور میانگین) در گروه سنی کودک ۳ تا ۶ سال با متوسط وزنی ۱۵ کیلوگرم است. کمترین میانگین جذب روزانهٔ سرب مربوط به میانگین مصرف ۱۰۰ گرم در روز خیار (به‌طور میانگین) به‌میزان ۰/۹۲ میکروگرم سرب بر کیلوگرم وزن بدن در این گروه سنی بود. مصرف ۸۰ گرم گوجه‌فرنگی (به‌طور میانگین) در گروه کودکان ۳ تا ۶ سال باعث شده تا میزان جذب سرب روزانه در این گروه سنی به ۱/۱۱ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز برسد. گفتنی است که برای عنصر کادمیوم نیز روند مشابهی مشاهده شد؛ به‌نحوی که بیشترین و کمترین جذب کادمیوم روزانه به‌ترتیب مربوط به مصرف ۵۵ و ۱۰۰ گرم در روز فلفل‌دلمه‌ای و خیار (به‌طور میانگین) در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال است. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که میزان جذب روزانهٔ سرب توسط بدن کودکان گروه ۳ تا ۶ سال ناشی از مصرف خیار، گوجه و فلفل‌دلمه‌ای بیشتر میزان جذب روزانهٔ کادمیوم بوده است. بیشترین میزان جذب روزانهٔ کادمیوم (به‌طور میانگین) در گروه بزرگ‌سالان مربوط به مصرف روزانه ۸۰ فلفل‌دلمه‌ای و کمترین میزان جذب روزانهٔ کادمیوم (به‌طور میانگین) ناشی از مصرف ۱۲۰ گرم در روز خیار در گروه سنی ۱۸ تا ۳۵ سال بوده است. قابل ذکر است که در گروه بزرگ‌سالان نیز، میزان جذب روزانهٔ سرب ناشی از مصرف محصولات گلخانه‌ای ذکرشده در این پژوهش بیشتر از کادمیوم بوده است. درمورد بیشینهٔ میزان جذب روزانهٔ سرب و کادمیوم ناشی از مصرف محصولات گلخانه‌ای نیز روند مشابهی یافت شد.

در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال بیشترین میزان جذب روزانهٔ سرب (به‌طور میانگین) با مقدار ۰/۵ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز ناشی از بلع خاک و کمترین میزان جذب روزانهٔ سرب در این گروه سنی ناشی از ورود فلزات سنگین از طریق تماس پوستی بوده است. براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، برای میزان جذب روزانهٔ فلز سنگین از طریق استنشاق میزان بیشینه محاسبه می‌شود و میانگین درنظر گرفته نمی‌شود [۱۲]. درمورد میزان جذب

روزانهٔ کادمیوم در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال نیز نتایج مشابهی یافت شد؛ به این ترتیب که بیشترین میانگین جذب روزانهٔ کادمیوم از طریق بلع و کمترین آن از طریق تماس پوستی بوده است.

جدول ۲. میانگین و بیشینهٔ جذب سرب و کادمیوم (میکروگرم بر کیلوگرم در روز) ناشی از مصرف محصولات گلخانه‌ای و خاک

مسیر ورود فلز سنگین		میانگین				بیشینه			
		کودک		بزرگسال		کودک		بزرگسال	
		کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب
محصول گلخانه‌ای	خیار	۰/۸۱	۰/۹۲	۱/۱۲	۱/۲۳	۱/۲۴	۱/۳۵	۱/۶۳	۱/۸
	گوجه	۱/۰۰	۱/۱۱	۱/۳۱	۱/۴۳	۱/۵۴	۱/۶۶	۱/۹۲	۲/۱۴
	فلفل‌دلمه‌ای	۱/۸۱	۱/۹۸	۲/۳۴	۲/۷۳	۲/۷۴	۲/۹۸	۳/۵۱	۴/۲۴
خاک	بلع	۰/۳۳	۰/۵۲	۰/۲۱	۰/۴۳	۱/۳۲	۲/۰۸	---	----
	استنشاق	---	----	---	----	۰/۶۱	۰/۸۲	۰/۸۴	۱/۱۲
	تماس پوستی	$۱/۲۶\times۱۰^{-۱}$	$۱/۴۲\times۱۰^{-۱}$	$۱/۵۸\times۱۰^{-۱}$	$۲/۳۸\times۱۰^{-۱}$	$۲/۳۲\times۱۰^{-۱}$	$۲/۳۵\times۱۰^{-۱}$	$۱/۸۷\times۱۰^{-۱}$	$۳/۵۴\times۱۰^{-۱}$

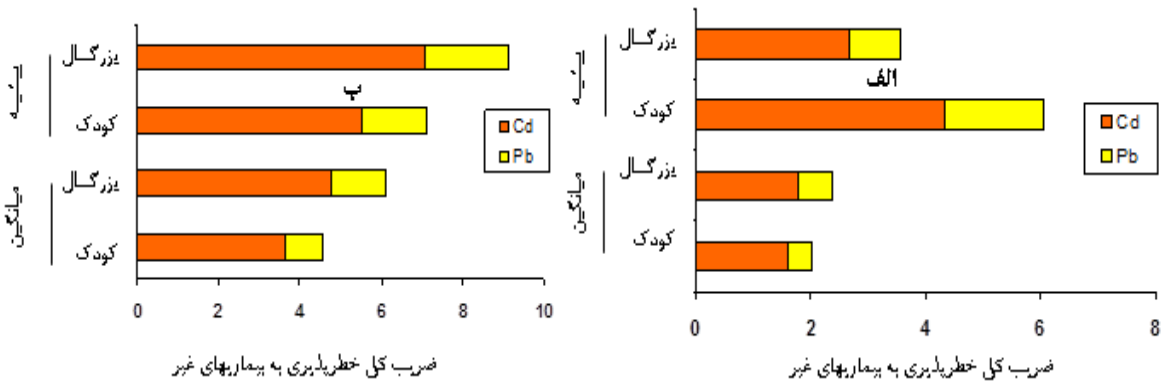
در گروه سنی بزرگسالان بین ۱۸ تا ۳۵ سال نیز، روند مشابهی یافت شد؛ به این شرح که کمترین مسیر جذب روزانهٔ کادمیوم و سرب از طریق تماس پوستی بوده و در این میان میزان جذب روزانهٔ سرب از طریق تماس پوستی بیشتر از کادمیوم بوده است. همچنین نتایج مربوط به بیشینهٔ جذب روزانهٔ سرب در هر دو گروه سنی ناشی از مصرف محصولات گلخانه‌ای، استنشاق و تماس پوستی نتایج مشابهی را نشان می‌دهد.

نتایج جدول ۳ حاکی از آن است که در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال، ضریب خطرپذیری ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی (HQ) ناشی از جذب روزانهٔ کادمیوم بیشتر از سرب بوده است. بیشترین ضریب خطرپذیری سرب مربوط به مصرف ۵۵ گرم در روز (به‌طور میانگین) فلفل‌دلمه‌ای بوده و کمترین ضریب خطرپذیری سرب در بین محصولات گلخانه‌ای مورد بحث در این پژوهش متعلق به مصرف ۱۰۰ گرم در روز خیار (به‌طور میانگین) است. درمورد کادمیوم نیز بیشترین ضریب خطرپذیری کادمیوم به بیماری‌های غیرسرطانی مربوط به مصرف ۵۵ گرم در روز (به‌طور میانگین) فلفل‌دلمه‌ای و کمترین ضریب خطرپذیری همراه با مصرف ۱۰۰ گرم در روز (به‌طور میانگین) خیار در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال بوده است. قابل ذکر است که در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال، ضریب خطرپذیری کادمیوم به بیماری‌های غیرسرطانی بیشتر از سرب بوده است. ضریب خطرپذیری سرب و کادمیوم در گروه سنی ۱۸ تا ۳۵ سال نیز نتایج مشابهی را نشان داد. همچنین ضریب خطرپذیری کادمیوم به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از مصرف خاک از تمام مسیرهای بلع، استنشاق و تماس پوستی بیشتر از خطرپذیری سرب بوده است.

جدول ۳. ضریب خطرپذیری ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از جذب روزانهٔ سرب و کادمیوم

مسیر ورود فلز سنگین		میانگین				بیشینه			
		کودک		بزرگسال		کودک		بزرگسال	
		کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب	کادمیوم	سرب
محصول گلخانه‌ای	خیار	۰/۸۱	۰/۲۳	۱/۱۲	۰/۳۰	۱/۲۴	۰/۳۳	۱/۶۳	۰/۴۵
	گوجه	۱/۰۰	۰/۲۷	۱/۳۱	۰/۳۵	۱/۵۴	۰/۴۱	۱/۹۲	۰/۵۳
	فلفل دلمه‌ای	۱/۸۱	۰/۴۵	۲/۳۴	۰/۶۸	۲/۷۴	۰/۸۷	۳/۵۱	۱/۰۶
خاک	بلع	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۴	۱/۳۲	۰/۴۹	---	----
	استنشاق	---	----	---	----	۰/۶۱	۰/۲۳	۰/۸۴	۰/۳۱
	تماس پوستی	۱/۲۶	۰/۲۷	۱/۵۸	۰/۴۵	۲/۳۲	۰/۶۴	۱/۸۷	۰/۶۷

ضریب خطرپذیری کل ابتلا به بیماری‌های سرطانی (THQ) ناشی از جذب روزانهٔ سرب و کادمیوم ناشی از خاک (الف) و محصولات گلخانه‌ای در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در تمام گروه‌های سنی میانگین و بیشینهٔ ضریب خطرپذیری کل عددی بالاتر از ۱ را نشان می‌دهد که این می‌تواند برای سلامت انسان خطرساز باشد. لازم است ذکر شود که ضریب خطرپذیری کل در همهٔ گروه‌های سنی درمورد کادمیوم بیشتر از سرب است.



شکل ۱. ضریب کل خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی (THQ) ناشی از جذب روزانهٔ سرب و کادمیوم در خاک (الف) و مصرف محصولات گلخانه‌ای (ب)

۴. بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، مصرف ۵۵ گرم فلفل‌دلمه‌ای در روز (به‌طور میانگین) باعث جذب روزانه ۱/۸۱ میکروگرم بر کیلوگرم در روز کادمیوم در بدن انسان می‌شود که این مقدار عددی بیشتر از میزان دریافت قابل تحمل روزانهٔ موقتی (PTDI) فلز کادمیوم (یک میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن در روز) پیشنهادی مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است [۲۲]. با توجه به اینکه کادمیوم سمی و خطرناک بوده و در بین فلزات سنگین خطر زیادی برای سلامت انسان به‌همراه دارد، مصرف میانگین ۵۵ گرم فلفل‌دلمه‌ای در روز می‌تواند به سلامت گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال آسیب زیادی بزند [۱]. درمورد گوجه‌فرنگی نیز مصرف میانگین ۸۰ گرم گوجه‌فرنگی آلوده باعث جذب روزانه یک میکروگرم کادمیوم بر کیلوگرم وزن بدن در روز در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال می‌شود که در مقایسه با حد استاندارد مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، خطرات زیادی خواهد داشت. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد مصرف میانگین ۱۰۰ گرم در روز خیار باعث جذب روزانه ۰/۸۱ میکروگرم کادمیوم در روز می‌گردد که این حد جذب کمتر از استاندارد ذکرشده توسط مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است [۲۲]؛ هرچند که در حالت مصرف بیشینهٔ تمام محصولات گلخانه‌ای بیان‌شده در این پژوهش، میزان جذب روزانهٔ کادمیوم بیشتر از حد استاندارد بوده و در این میان مصرف فلفل‌دلمه‌ای به‌میزان ۸۰ گرم در روز بیشترین خطر را دارد. صالحی‌پور و همکاران [۲۲] نیز در تحقیقی به بررسی پتانسیل خطر فلزات سنگین بر سلامت انسان در برخی محصولات کشاورزی استان اصفهان پرداختند و چنین گزارش کردند که مصرف محصولات کشاورزی آلوده به فلزات سنگین نقش مهمی در افزایش میزان جذب روزانهٔ فلزات سنگین در بدن انسان دارد. پاکزاد و همکاران [۲۴] در تحقیقی به بررسی غلظت عناصر سنگین در نهشته‌های شیلی معادن ایرانکوه پرداختند و غلظت سرب و کادمیوم موجود در این منطقه را بیشتر از حد استاندارد تعیین‌شده از سوی سازمان بهداشت جهانی [۲۳] گزارش کردند و بالا بودن غلظت فلزات سنگین را علت اصلی ورود این عناصر به زنجیره غذایی دانستند که این مطلب با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در این زمینه، ژو و همکاران [۲۵] نیز در تحقیقی نشان دادند که آلودگی محصولات به فلزات سنگین در مناطق اطراف معادن باعث به خطر افتادن سلامت ساکنان آن محل شده است که نتایج تحقیق حاضر نیز تأکیدی بر این ادعاست. در مطالعه‌ای که جهت ارزیابی آلودگی خاک کشاورزی و باطله‌ها به فلزات سنگین در معدن متروکهٔ سرب و روی در شمال خاور یونان انجام شد، نمونه‌های باطله دارای غلظت بسیار زیادی از فلزات سنگین سرب و کادمیوم بوده است. همچنین نمونه‌خاک‌های نزدیک به محدودهٔ معدن نیز دارای غلظت بالایی از فلزات سنگین بوده که نشان‌دهندهٔ وابستگی آلودگی خاک به فعالیت‌های معدن‌کاری است [۲۶]. براساس نتایج مذکور و پژوهش حاضر باید گفت در برداشت از معادن علاوه‌بر جنبه‌های اقتصادی، باید به ابعاد زیست‌محیطی نیز توجه زیادی کرد.

همان‌گونه که نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد، صرف‌نظر از گروه‌های سنی ذکرشده در این پژوهش، میزان جذب سرب ناشی از مصرف روزانهٔ محصولات گلخانه‌ای در اکثر موارد عددی زیر حد استاندارد را نشان می‌دهد که برابر ۳/۶ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن است و تنها در حالت بیشینهٔ مصرف فلفل‌دلمه‌ای، میزان جذب روزانهٔ سرب نمودارِ عددی بالاتر از حد استاندارد است. با توجه به حلالیت بیشتر کادمیوم

نسبت به سرب در خاک [۲۷]، نتایج به‌دست‌آمده دور از انتظار نیست. براساس استانداردهای جامعهٔ اتحادیهٔ اروپا، حد مجاز غلظت سرب در خاک تاحدود ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده؛ این درحالی است که حد مجاز کادمیوم در خاک برابر ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بیان شده است [۲۷].

درمورد ورود عناصر سنگین از طریق خاک به بدن انسان، ورود عنصر سرب و کادمیوم در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال (به‌طور میانگین) بالاترین رقم را داراست؛ اگرچه هنوز این مقدار کمتر از حد استاندارد پیش‌بینی‌شده توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران است. در گروه بزرگ‌سالان ۱۸ تا ۳۵ سال نیز، این میزان جذب روزانهٔ سرب و کادمیوم کاهش یافته است. در حالت بیشینهٔ مصرف خاک توسط کودکان (۰/۴ گرم در روز) میزان جذب روزانهٔ کادمیوم عددی بیشتر از حد استاندارد را نشان می‌دهد که این می‌تواند مشکلات جدی را برای سلامت انسان به‌بار آورد. قابل ذکر است که درمورد سرب، باوجود بیشتر بودن میزان جذب روزانهٔ آن (۲/۰۸ میکروگرم بر کیلوگرم وزن بدن) هنوز این عدد کمتر از حد استاندارد قرار دارد. اصولاً آلودگی فلزات سنگین نه‌تنها به‌طور مستقیم بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش دستیابی زیستی مواد مغذی خاک تأثیر می‌گذارد، بلکه با ورود در زنجیرهٔ غذایی و تهدید امنیت زیست‌محیطی از طریق نفوذ در آب‌های زیرزمینی، خطری جدی برای سلامت محسوب می‌شود. اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی و به‌هم خوردن تعادل هورمون‌ها از تبعات ورود فلزات سنگین به بدن انسان است [۲۸].

درمورد ضریب خطرپذیری ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از جذب روزانهٔ سرب و کادمیوم، مصرف ۸۰ گرم گوجه‌فرنگی و ۵۵ گرم فلفل‌دلمه‌ای باعث شده تا ضریب خطرپذیری کادمیوم برای گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال عددی بیشتر از ۱ را نشان دهد که این می‌تواند مشکلات جدی برای تندرستی انسان به‌وجود آورد. بقائی [۲۹] در تحقیقی گزارش کرد که مصرف گوجه‌فرنگی کاشته‌شده در زمین آلوده به ۱۰ میلی‌گرم کادمیوم باعث شده تا جذب روزانهٔ کادمیوم بیشتر از حد استاندارد پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی شود. با توجه به اینکه کادمیوم عنصری سمی و خطرناک است و ورود آن به سیستم ایمنی بدن می‌تواند صدمات جبران ناپذیری را برای سلامت انسان به‌بار آورد، کاشت این محصولات در این‌گونه زمین‌ها باید با دقت بیشتری صورت پذیرد. در گروه بزرگ‌سالان، به‌دلیل مصرف روزانهٔ بیشتر این محصول (به‌طور میانگین) ضریب خطرپذیری ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از مصرف خیار کاشته‌شده در زمین‌های آلوده به کادمیوم عددی بیشتر از ۱ را نشان می‌دهد؛ درنتیجه در کاشت این محصولات باید دقت بیشتری صورت پذیرد. با توجه به اینکه مصرف میانگین محصولات گلخانه‌ای کشت‌شده در این منطقه در گروه سنی کودکان و بزرگ‌سالان دارای ضریب خطرپذیری بیشتر از ۱ است، بالا بودن این ضریب برای مصرف بیشینهٔ این محصولات دور از انتظار نیست.

نکتهٔ درخور توجه در تحقیق حاضر این است که هرچند میزان جذب روزانهٔ سرب در اکثر گروه‌های سنی بیشتر از کادمیوم است، به‌دلیل بالاتر بودن حد آستانهٔ خطرپذیری (RFD) سرب نسبت به کادمیوم، ضریب خطرپذیری سرب کمتر از کادمیوم است؛ به‌نحوی که هم‌زمان با مصرف ۱۰۰ گرم خیار (به‌طور میانگین) در گروه سنی ۳ تا ۶ سال ضریب خطرپذیری کادمیوم نسبت به سرب حدوداً چهاربرابر است که این نشان می‌دهد خطر کادمیوم بیشتر از سرب است. مصرف گوجه‌فرنگی و فلفل‌دلمه‌ای در گروه سنی کودکان ۳ تا ۶ سال نیز نتیجهٔ مشابهی را نشان می‌دهد. اصولاً کادمیوم عنصری با حلالیت بالاست که در غلظت‌های کم هم خطرات زیادی برای سلامت انسان دارد. کادمیوم عنصری سرطان‌زا شناخته شده است [۲۳]. امینی و همکاران [۳۰] در تحقیقی گزارش کردند که غلظت سرب و کادمیوم در منطقهٔ غرب و جنوب غربی اصفهان که معدن باما نیز در آن منطقه واقع شده، زیاد است. درمورد ورود فلزات سنگین از طریق خاک از طریق مسیرهای بلع، استنشاق و تماس پوستی نیز نتایج مشابهی یافت شد؛ به‌طوری که در تمام تیمارها ضریب خطرپذیری کادمیوم نسبت به سرب عدد بیشتری را نشان می دهد. با توجه به اینکه غلظت بحرانی خطرپذیری کادمیوم نسبت به سرب برای مسیرهای مختلف ورود سرب و کادمیوم به بدن عدد بزرگ‌تری است، ضریب خطرپذیری کادمیوم از راه ورود از طریق خاک بیشتر از سرب است [۲۱]. همچنین نتایج این تحقیق اثبات می‌کند که ضریب خطرپذیری کادمیوم از طریق تماس پوستی بیشتر از مسیر بلع است.

نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که در گروه‌های سنی کودکان و بزرگ‌سالان، بیشترین میزان جذب روزانهٔ کادمیوم به‌ترتیب مربوط به مصرف ۵۵ و۸۰ گرم در روز فلفل‌دلمه‌ای بوده؛ این درحالی است که کمترین میزان جذب کادمیوم هم‌زمان با مصرف ۱۰۰ و ۱۲۰ گرم در روز خیار مشاهده شد. درمورد میزان جذب روزانهٔ سرب نیز به نتایج همسانی دست یافته شد. میزان جذب روزانهٔ سرب در تمام گروه‌های سنی بیشتر از کادمیوم بود؛ هرچند به‌دلیل بالاتر بودن حد آستانهٔ خطرپذیری سرب نسبت به کادمیوم، ضریب خطرپذیری ابتلا

به بیماری‌های غیرسرطانی در اثر مصرف سرب کمتر از کادمیوم بود. همچنین براساس نتایج پژوهش، ضریب خطرپذیری کل فلزات سنگین حاصل از مصرف محصولات گلخانه‌ای کاشته‌شده در اطراف معدن ایرانکوه عدد بیشتر از ۱ را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه خاک‌های تحت کشت محصولات کشاورزی منطقه آلوده به سرب و کادمیوم است، باید در نوع کشت محصولات گلخانه‌ای دقت بیشتری صورت پذیرد و ترجیحاً محصولاتی با ضریب جذب کمتر فلزات سنگین کاشته شود. همچنین با توجه به نزدیکی گلخانه‌ها به محل برداشت این معدن توصیه می‌گردد محل دپوی باطلهٔ این معدن به نقطه‌ای دوردست از محل کشت گلخانه‌ها منتقل گردد. علاوه‌بر این، پیشنهاد می‌شود جهت مطالعات تکمیلی، میزان سرب و کادمیوم واردشده به خون کارکنان این معادن و نیز روستاهای مجاور منطقه به‌طور دائم کنترل گردد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک به‌جهت همکاری برای انجام این پژوهش با کد اخلاق IR.IAU.ARAK.REC.1397.56 کمال تقدیر و تشکر را بنمایند.

References

[1]. Pastorelli AA, Angeletti R, Binato G, Mariani MB, Cibin V, Morelli S, et al. Exposure to cadmium through Italian rice (Oryza sativa L.): Consumption and implications for human health. J Food Composit Anal 2018; 69: 115-21.
[2]. Rattan R, Datta S, Chhonkar P, Suribabu K, Singh A. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater-a case study. Agr Ecosys Environ 2005; 109 (3-4): 310-22.
[3]. Zafarzadeh A, Rahimzadeh H. Concentration of cadmium, lead, zinc and copper in the cucumber and tomatoe in Northern Iran. J Gorgan Univer Med Sci 2015; 17 (1): 77-83.
[4]. Nazemi S, Asgari A, Raei M. Survey the amount of heavy metals in cultural vegetables in suburbs of Shahroud. Iran J Health Environ 2010; 3 (2): 195-202.
[5]. Alam M, Snow E, Tanaka A. Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. Sci Total Environ 2003; 308 (1-3): 83-96.
[6]. Li F-l, Shi W, Jin Z-f, Wu H-m, Sheng GD. Excessive uptake of heavy metals by greenhouse vegetables. J Geochem Explor 2017; 173: 76-84.
[7]. Khan S, Rehman S, Khan AZ, Khan MA, Shah MT. Soil and vegetables enrichment with heavy metals from geological sources in Gilgit, northern Pakistan. Ecotox environ safety 2010; 73 (7): 1820-27.
[8]. Zhuang P, Zhi-An L, Bi Z, Han-Ping X, Gang W. Heavy metal contamination in soil and soybean near the Dabaoshan Mine, South China. Pedosphere 2013; 23 (3): 298-304.
[9]. Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food Chem Toxic 2010; 48 (2): 611-619.
[10]. Sundaray SK, Nayak BB, Lin S, Bhatta D. Geochemical speciation and risk assessment of heavy metals in the river estuarine sediments- A case study: Mahanadi basin, India. J Hazard Mater 2011; 186 (2-3): 1837-46.
[11]. Yi Y, Yang Z, Zhang S. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. Environ Pollut 2011; 159 (10): 2575-85.
[12]. Barin M, Chavoshi E. Risk assessment of zinc and copper exposure in rice, wheat and soil around Irankooh mine in Isfahan. J Soil Manage Sustain Product 2017; 7 (2): 211-22.
[13]. Bo S, Mei L, Tongbin C, Zheng Y, Yunfeng X, Xiaoyan L, et al. Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China. J Environ Sci 2009; 21 (12): 1702-09.
[14]. Mazhari SA, Sharifivan Attar R, Haghighi F. Heavy metals concentration and availability of different soils in Sabzevar area, NE of Iran. J Afr Earth Sci 2017; 134: 106-12.
[15]. MohseniBandpi A, Eslami A, Ghaderpoori M, Shahsavani A, Jeihooni AK, Ghaderpoury A, et al. Health risk assessment of heavy metals on PM2.5 in Tehran air, Iran. Data Brief 2018; 17: 347-355.
[16]. Aghili F, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M, Schulin R. Health risks of heavy metals through consumption of greenhouse vegetables grown in central Iran. Human Ecolo Risk Assess 2009; 15 (5): 999-1015.
[17]. Baghaie AH, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M. Crop effects on lead fractionation in a soil treated with lead organic and inorganic sources. J Res Sci Technol 2010; 7 (3): 131-38.
[18]. USEPA (US Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guidance for Superfund. : Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplement Guidance for Dermal Risk Assessment). Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC. 2004.
[19]. Yeganeh M, Afyuni M, Khoshgoftarmanesh A-H, Khodakarami L, Amini M, Soffyanian A-R, et al .Mapping of human health risks arising from soil nickel and mercury contamination. J Hazard Mater 2013; 244: 225-39.
[20]. Aghili F, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M, Mobli M. Mineral and ascorbic acid concentrations of greenhouse- and field-grown vegetables: implications for human health. Int J vegetable Sci 2012; 18 (1): 64-77.
[21]. Ravankhah N, Mirzaei R, Masoum S. Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Surface Soil. J Mazandaran Univer Med Sci 2016; 26 (136): 109-20.
[22]. Salehipour Baversad M, Ghorbani M, Afyuni M, KheirAbadi H. The Potential Risk Assessment of Heavy Metals on Human Health in Some Agricultural Products in Isfahan Province. J Water Soil Sci 2014; 18 (67): 71-81.
[23]. Mohajer R, Salehi M, Mohammadi J. Lead and Cadmium Concentration in Agricultural Crops (Lettuce, Cabbage, Beetroot, and Onion) of Isfahan Province, Iran. Iran J Health Environ 2014; 7 (1): 1-10.
[24]. Pakzad H, Bagheri H, Tevmouri F .Study of heavy metal concentrations in shale deposits of Irankouh Mine (Southwest of Isfahan). Environ Sci 2018; 15: 125-40.
[25]. Zhou M, Liao B, Shu W, Yang B, Lan C. Pollution assessment and potential sources of heavy metals in agricultural soils around four Pb/Zn mines of Shaoguan city, China. Soi Sediment Contam 2015; 24 (1): 76-89.
[26]. Nikolaidis C, Zafiriadis I, Mathioudakis V, Constantinidis T. Heavy metal pollution associated with an abandoned lead–zinc mine in the Kirki Region, NE Greece. Bull Environ contam Toxicol 2010; 85 (3): 307-12.
[27]. Rashid Shomali A, Khodaverdiloo H. Contamination of Soils and Plants Along Urmia-Salmas Highway (Iran) to Some Heavy Metals. Water Soil Sci 2012; 22 (3): 157-72.

[28]. Jiao Y, Chen J, Li W, Liu Y, Xin C, Yang L. Trace elements concentrations in squids consumed in Shandong Province China and their associated risks to the human health. Mar Pollut Bull 2018; 128: 267-74.
[29]. Baghaie AH. Investigation of Cd Risk Assessment from Tomato Consumption in A Soil Treated with Sugarcane Bagasse Biochar and Municipal Waste Vermi-Compost. J Environ Health Eng 2018; 5 (2): 147-56.
[30]. Amini M, Afyuni M, Khademi H, Abbaspour KC, Schulin R. Mapping risk of cadmium and lead contamination to human health in soils of Central Iran. Sci Total Environ 2005; 347 (1-3): 64-77.

Health Risk Assessment of Heavy Metals (Cd and Pb) in Greenhouse Products Harvested from Greenhouses Around Irankooh Mine in 2017

Amir Hossein Baghaie[1*], Mehran Keshavarzi[2]

1. Department of Soil Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran.
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Abstract

Background Soil pollution to heavy metals is constantly expanding which can dangerous for human health. Among this, Harvesting of mines containing heavy metals such as Pb and Cd can increase soil pollution. Therefore, this research was done to evaluate health risk assessment of heavy metals (Cd and Pb) in greenhouse products harvested from greenhouses around Irankooh mine.

Materials & Methods In this descriptive cross-sectional study, 10 cucumber, cucumber, tomato and sweet pepper cultures around Irankouh complex were randomly selected to indicate the pattern of distribution of cadmium and lead in the region. At the time of harvest, fruit and soil sampling were done. In each sampling, 10 fruit samples of each products and soil surface from different parts of greenhouses were selected for analysis**.** The Pb and Cd concentration was done using atomic absorption spectroscopy and health risk assessment of heavy metals these metals was determined using EPA model.

Results The highest and lowest daily intakes of Cd and Pb in the group age of 3-6 were determined with daily consumption of 55 and 100 g bell pepper and cucumber, respectively. The same results were observed for adult people in the age 18-35. The hazard quotient of Cd for all age groups was higher than the Pb hazard quotient. The highest hazard quotient of both Cd and Pb were due to the dermal contact with polluted soil and the lowest of them results from the oral way.

Conclusion The results of this research were shown that high Pb and Cd concentration in the greenhouse vegetable which produced around Irankkoh is an important concern for consumers health of these vegetables that should be more considered.

Received: 2018/11/06
Accepted: 2019/04/13

Keywords: Pollution risk, Lead, Cadmium, Irankkoh mine.