مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره هشت، آبان ماه ۱۴۰۰(۱۰۶-۹۵)

بررسی غلظت سرب و کادمیوم در برخی محصولات گلخانه‌ای و تأثیر آن بر سلامت انسان

صالح سنجری[1*]

sanjari@ujiroft.ac.ir

ناصر برومند[2]

مجتبی مقبلی[3]

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۱۰ **تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۴**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اهمیت استفاده از سبزیجات سالم، کنترل غلظت عناصر سنگین جهت حفظ سلامتی مصرف‌کننده حائز اهمیت است. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی خطرات فلزات سنگین بر سلامت انسان از طریق مصرف محصولات کشاورزی انجام گرفته است.

روش بررسی: نمونه‌ها شامل بادمجان، گوجه‌فرنگی، خیار گلخانه‌ای و توت‌فرنگی بودند که به صورت تصادفی از گلخانه‌های جیرفت جمع آوری شدند و غلظت عناصر سرب و کادمیوم در محصول و میوه این گیاهان اندازه‌گیری شد و مقدار دریافت روزانه هر عنصر (EDI) برای هر محصول با توجه به مقدار مصرف روزانه هر محصول مشخص گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت سرب و کادمیوم در محصولات نمونه‌برداری شده با یکدیگر متفاوت بود، بیشترین و کمترین مقدار کادمیوم به ترتیب مربوط به بادمجان و خیار گلخانه‌ای بود. نتایج نشان داد که مقدار سرب و کادمیوم در محصولات بادمجان، گوجه‌فرنگی و توت-فرنگی بیشتر از محدوده استاندارد ارائه شده براساس توصیه موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سازمان جهانی بهداشت و خوار و بار و کشاورزی بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد در اغلب محصولات نمونه‌برداری شده مقدار فلزات سنگین سرب و کادمیوم بیش از حد مجاز است. با این حال مقدار دریافت روزانه هر عنصر (EDI) نشان داد همه محصولات مورد آزمایش، دارای EDI کمتر از میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) که از طرف موسسه استاندارد ایران گزارش شده است، می‌باشند. در مجموع، با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که مصرف این محصولات هیچ تأثیر منفی بر سلامت مصرف‌کنندگان ندارد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، استاندارد، محصولات گلخانه‌ای، EDI، PTDI.

۱- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدباهنر کرمان، کرمان، ایران.

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 8, November, 2021

The Concentration of Lead and Cadmium in Some Greenhouse Products and its Effect on Human Health

Saleh Sanjari[1]*
sanjari@ujiroft.ac.ir
Naser Boroomand[2]
Mojtaba Moghbeli[3]

Admission Date: April 24, 2018 Date Received: April 29, 2016

Abstract

Background and Objective: Regarding the importance of using the healthy vegetables, it is important to control the concentration of heavy metals in order to provide the health of consumers. Therefore, this study was done with the aim of investigating the evaluation of the risk of heavy metals on human health trough consumption of greenhouse products.

Material and Methodology: Samples included eggplants, tomatoes, greenhouse cucumbers and strawberries, were collected randomly from Jiroft greenhouses and the concentration of lead and cadmium in leaves and fruits of these plants were measured. The amount of EDI was defined for each product according to daily consumption.

Findings: The average concentration of lead and cadmium in samples were different. The highest and the lowest amount of cadmium respectively belonged to tomatoes and greenhouse cucumbers. The results showed that levels of lead and cadmium in most of the products were more than the standard range recommended by the institute of Standards and Industrial Research of Iran and the FAO-WHO.

Discussion and Conclusions: The results showed that the amount of lead and cadmium exceeded the standard index, However the amount of EDI was less than or equal to PTDI reported by Standards Institute's of Iran. Overall, according to the results of this study, it can be concluded that the consumption of these products has not any negative effects on the consumers' health.

Key words: Heavy metals, Standard, Greenhouse products, EDI ،PTDI

1- Assistant Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran. *(*Corresponding Author*)
2- Associate Professor, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Ph.D Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

مقدمه

فلزات سنگین به فلزاتی گفته می‌شود که دارای چگالی نسبتاً بالا (عناصر فلزی با جرم اتمی بیشتر از آهن ۵۵/۸ g/mol یا جرم حجمی بیشتر از ۵ g/cm3) بوده و در غلظت‌های کم سمی باشند (۳-۱). این فلزات به طور طبیعی در غلظت‌های کم در خاک‌ها و سنگ‌ها یافت می‌شوند، اما فعالیت‌های انسانی سبب افزایش مقدار رهاسازی و انتشار آن‌ها در محیط زیست می‌شود (۴). انباشتگی فلزات سنگین در خاک چه به صورت طبیعی و چه از طریق فعالیت‌های انسانی، مشکلات و مسائلی را برای محیط زیست و سلامت موجودات زنده به همراه خواهد داشت (۵).

آلودگی محصولات کشاورزی به فلزات سنگین، ناشی از وجود این فلزات در خاک و هوا خطری جدی برای کیفیت و امنیت غذایی این محصولات به‌شمار می‌رود (۶). عناصر سنگین از مهم‌ترین منابع آلودگی‌های غیر نقطه‌ای منابع طبیعی و کشاورزی هستند و سالانه هزاران تن از این عناصر وارد سیستم خاک می‌شود (۷). از آنجایی‌که آلوده شدن محصولات کشاورزی با فلزات سنگین از یک طرف منجر به کاهش کیفیت محصولات کشاورزی و از طرف دیگر تهدیدی جدی برای سلامت انسان است، لذا از جنبه‌های زیست محیطی بسیار حائز اهمیت هستند. تجمع فلزات سنگین در خاک و گیاهان، افزایش غلظت آن‌ها و رسیدن به محدوده خطر، می‌تواند از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، سلامتی او را مورد تهدید قرار دهد (۸). آلودگی خاک به فلزات سنگین نیز به دلیل سمیت و پایداری آن‌ها در محیط زیست و نگرانی از نظر سلامت عمومی حائز اهمیت است (۹).

منابع مهم انسانی ورود فلزات سنگین به خاک شامل معدن کاری، صنایع، حمل و نقل جاده‌ای، کوره سوزانی پسماندها و استفاده از کودها و سموم شیمیایی کشاورزی می‌باشد. همچنین انتشار از طریق آتشفشان‌ها، فرآیندهای گاززدایی در پوسته زمین، آتش سوزی جنگل یا ترکیب شیمیایی مواد اولیه نیز می‌تواند از منابع طبیعی ورود آن‌ها به خاک باشد (۱۰).

در بین فلزات سنگین برخی از آن‌ها مثل روی، مس، آهن و کبالت برای بیشتر سیستم‌های بیولوژیک از جمله انسان ضروری هستند (۱، ۱۹) در حالی که برخی دیگر از فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیوم و آرسنیک برای گیاهان، حیوانات و انسان بسیار سمی هستند (۱۴، ۱۷). سرب با تحت تأثیر قرار دادن سیستم خونی کلیوی، باعث ناهنجاری‌های متابولیکی و نقایص عصبی-فیزیکی در کودکان می‌شود. همچنین گزارش شده است، چنانچه مقادیر زیادی از فلزات سنگین از جمله سرب وارد بدن مادران باردار شود، تولد نوزادان نارس و عقب ماندگی ذهنی شدید نوزادان افزایشی چشمگیر خواهد داشت (۱۱، ۱۲).

کادمیوم به عنوان یک ماده سرطان‌زا در ایجاد اغلب سرطان‌ها شناخته شده است (۱۳، ۱۴) و به نظر می‌رسد عامل اثر گذار در ایجاد بیماری‌های قلبی و فشار خون باشد. گیاهان می‌توانند بدون این‌که صدمه‌ای ببینند مقادیر زیادی کادمیوم را در خود جمع کنند. آلوای (۱۵) اظهار داشت که غلظت‌های نسبتاً زیاد کادمیوم می‌تواند در بخش‌های خوراکی گیاه تجمع یابد، بدون آن‌که علایم بیماری و تأثیرگذار در گیاه آشکار شود. تجمع کادمیوم در گیاهان می‌تواند پتانسیل جذب این عنصر توسط انسان را افزایش دهد و این امر در حالتی صورت می‌گیرد که این گیاهان جزء جیره غذایی باشند.

جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان به ویژه محصولات کشاورزی یکی از مهمترین راه‌های ورود این عناصر به زنجیره غذایی است (۱۶). سالانه تقریباً یک میلیون تن سرب و ۳۸۰۰۰ تن کادمیوم به خاک‌های جهان اضافه می‌شود که مقادیر زیادی از آن‌ها مربوط به غبارهای جوی، پراکنش خاکسترها و ضایعات شهری است و غلظت‌های کم آن مربوط به مصرف کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب است (۱۷).

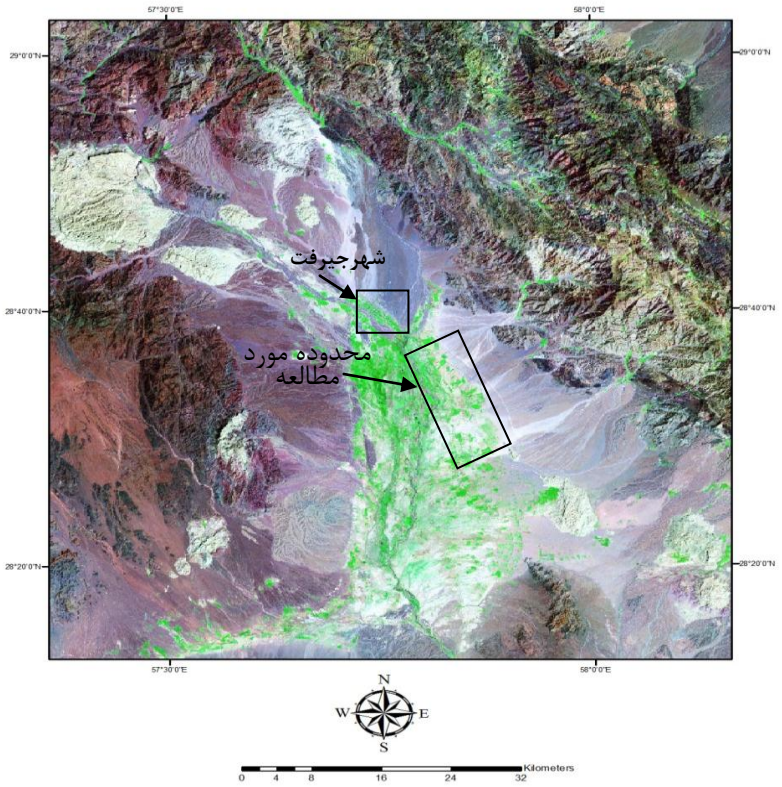
رادوان و سلام (۱۸) جهت آگاهی دادن به افکار عمومی در کشور مصر برای ارزیابی محصولات کشاورزی از عناصر سنگین به تجزیه و تحلیل چند نمونه از محصولات کشاورزی از جمله توت‌فرنگی، خیار، خرما و دسته‌ای از سبزیجات پرداختند. آن‌ها

با توجه به سرطان‌زا بودن عنصر کادمیوم و مفید بودن روی و مس در حد کفایت جیره غذایی، چهار عنصر در محصولات ذکر شده را اندازه‌گیری نمودند. اگرچه نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که سبزیجاتی از قبیل کاهو و اسفناج دارای بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در میان سایر محصولات بودند لیکن آن‌ها با تخمین مقدار جذب روزانه این عناصر در فرآورده‌های کشاورزی مورد آزمایش، این مقدار را کمتر از گزارش FAO و WHO دانستند. نظامی و همکاران (۱۹) در بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاهان اراضی سبزی‌کاری شاهرود به این نتیجه رسیدند که میزان غلظت سرب، کروم و کادمیوم در انواع سبزیجات بالاتر از مقدار معمول آن بوده است. آن‌ها این آلودگی را به دلیل وجود پساب‌های شهری و صنعتی در منطقه دانستند.

با توجه به مصرف بی رویه کودهای شیمیایی در کشور و انجام تحقیقات محدود در مورد میزان عناصر سنگین در محصولات کشاورزی به ویژه دو عنصر سرب و کادمیوم، این تحقیق با هدف بررسی وضعیت غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در برخی محصولات گلخانه‌ای در نقاط مختلف دشت جیرفت و تأثیر آن بر سلامت انسان انجام گرفت.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه، گلخانه‌های دشت جیرفت می‌باشد که از لحاظ جغرافیایی در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ′۴۸ °۵۷ تا ′۵۳ °۵۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′۳۲ °۲۸ تا ′۳۶ °۲۸ شمالی واقع شده است (شکل۱). منطقه مورد مطالعه با مساحتی بالغ بر ۲۸۰۰ هکتار و متوسط ارتفاع منطقه ۶۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه‌ی مطالعاتی در دشت جیرفت

Figure 1. Location of the study area in Jiroft plain

نمونه‌برداری از محصول و میوه محصولات کشاورزی شامل: بادمجان، گوجه‌فرنگی، خیار گلخانه‌ای و توت‌فرنگی انجام گرفت. از هر محصول ۳۰ نمونه به عنوان تکرار برداشته شد و در مجموع ۲۴۰ نمونه محصول و برگ به آزمایشگاه منتقل شد.

نمونه‌برداری در فصل زمستان انجام گرفت. محصولات نمونه-برداری شده پس از انتقال به آزمایشگاه با آب مقطر شسته شد و سپس نمونه‌ها در آون تهویه‌دار قرار گرفت و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. بعد از خشک کردن نمونه‌ها در آون، نمونه‌ها با آسیاب برقی پودر شد. یک گرم از نمونه پودر شده در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷ ساعت قرار داده شد. سپس به نمونه‌ها اسید کلریدریک اضافه شد و نمونه‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و عصاره حاصل در بالن ۵۰ میلی‌لیتری جمع-آوری و به وسیله دستگاه جذب اتمی پرکین المر (Atomic Absorption Perkin Elmer 400) غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم اندازه‌گیری شد و در نهایت برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان گردید (۲۰). توصیف آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون t-student با سطح احتمال ۹۵ درصد صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. در نهایت جهت ارزیابی خطر محصولات برای انسان، مقدار دریافت روزانه هر عنصر (EDI) از رابطه زیر به‌دست آمد (۲۱):

$$EDI = \frac{C \times Cons}{B_w}$$

که در این رابطه، C میزان غلظت فلز سنگین در محصولات بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم، Cons میزان مصرف روزانه آن محصول توسط افراد بر حسب گرم در ایران (این میزان بر اساس آمار موسسه استاندارد گزارش شده است) و B_w وزن متوسط بدن یک فرد بزرگسال (۶۰ کیلوگرم) است.

یافته‌ها

نتایج غلظت عناصر سرب و کادمیوم در محصولات نمونه‌برداری شده به صورت میانگین غلظت، حداقل، حداکثر، انحراف معیار و عدد آماری t-student به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر و مقایسه میانگین‌ها در شکل‌های ۲ و۳ ارائه شده است. بیشینه رواداری فلزات سنگین سرب و کادمیوم نیز در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. بر اساس گزارش نشریه موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره ۱۲۹۶۸، منظور از بیشینه رواداری فلز سنگین، بیشترین مقدار از فلزات سنگین موجود در خوراک انسان و دام است که مصرف آن در کوتاه مدت یا دراز مدت، سبب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسان نشود. کنترل بیشینه رواداری فلزات سنگین در بدن انسان که از تأثیر بر سیستم عصبی تا سرطان‌زایی طبقه‌بندی می‌شوند موجب شده تا حساسیت و اهمیت موضوع دو چندان شود.

نتایج تجزیه محصولات مورد آزمایش نشان داد، مقایسه میانگین غلظت سرب در میان محصولات در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین و کمترین میانگین غلظت سرب به ترتیب در محصولات بادمجان و خیار گلخانه‌ای مشاهده شد (جدول ۱)، که میزان اختلاف غلظت بین این دو گیاه ۱/۱۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد. با توجه به این‌که بیشینه مجاز سرب برای گیاهان مورد بررسی براساس توصیه FAO-WHO و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم است، آزمون t-student نشان داد مقایسه بیشینه مجاز سرب با میزان سرب در محصولات بادمجان، گوجه‌فرنگی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید، اما آزمون t-student نشان داد مقایسه میانگین غلظت سرب در خیار گلخانه‌ای و توت‌فرنگی با حداکثر مجاز آن در محصول معنی‌دار نشد و این مقدار در خیار گلخانه‌ای کمتر از حداکثر مجاز گزارش شد.

جدول ۱- میانگین غلظت سرب و بیشینه رواداری (حداکثر مجاز) این عنصر بر حسب نوع محصول (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر)

Table 1. Average lead concentrations and maximum tolerance (maximum) of this element according to the type of product (mg/kg wet weight)

	بادمجان	گوجه‌فرنگی	خیار گلخانه‌ای	توت‌فرنگی
تعداد نمونه	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
میانگین	۰/۶۱۶	۰/۴۷۸	۰/۰۸۹	۰/۵۴۱
حداقل	۰/۴۷	۰/۳۷۱	۰/۰۰۴	۰/۴۰۷
حداکثر	۰/۸۷۵	۰/۶۱۴	۰/۲۰۳	۰/۷۸۸
انحراف معیار	۰/۲۲۴	۰/۱۲۴	۰/۱۰۲	۰/۲۱۳
t_1^*	۳/۹۹	۵/۲۹	-۰/۱۸	۳/۵۸

t_{1*} عدد آماری t-student برای اختلاف میانگین میزان سرب با حداکثر مجاز (۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم) است.

مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در میان چهار محصول مورد بررسی از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. با توجه به نتایج جدول ۲ میانگین کادمیوم در میان پنج محصول متفاوت بود و ترتیب آن در محصولات به صورت زیر می‌باشد:

بادمجان > توت‌فرنگی > گوجه‌فرنگی > خیار گلخانه‌ای

مطابق این جدول، بیشترین و کمترین مقدار کادمیوم به ترتیب مربوط به گوجه‌فرنگی و خیار گلخانه‌ای است، با توجه به این‌که بیشینه مجاز کادمیوم برای گیاهان مورد بررسی بر اساس توصیه FAO-WHO و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم است، آزمون t-student نشان داد مقایسه حداکثر مجاز کادمیوم در محصول با میزان کادمیوم در گوجه‌فرنگی در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید و این میزان ۱/۲۵ برابر بیشینه رواداری این عنصر محاسبه شد، اما آزمون t-student نشان داد مقایسه میانگین غلظت کادمیوم در سایر محصولات مورد آزمایش با حداکثر مجاز آن در محصول معنی‌دار نشد و حتی در مورد خیار گلخانه‌ای این مقدار کمتر از حداکثر مجاز می‌باشد.

جدول ۲- میانگین غلظت کادمیوم و بیشینه رواداری (حداکثر مجاز) این عنصر بر حسب نوع محصول (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر)

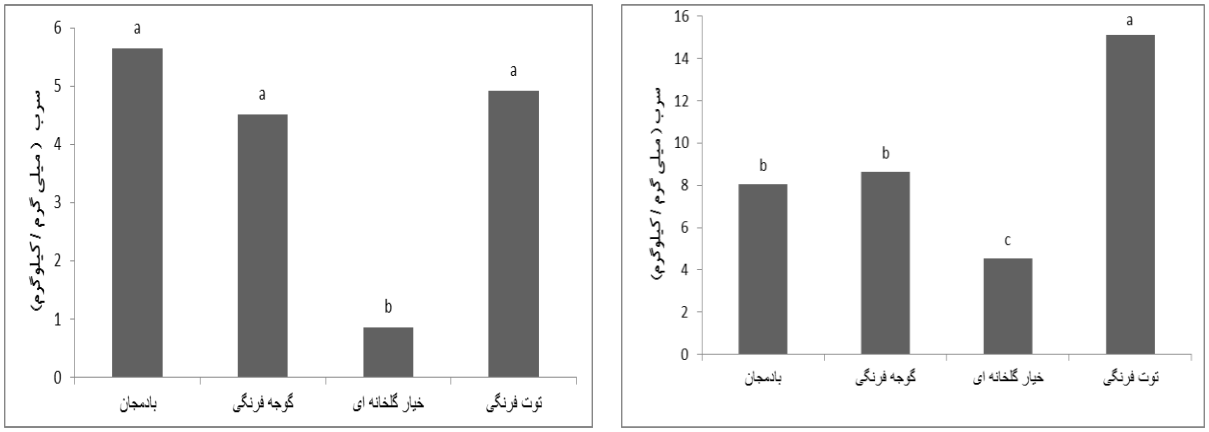
Table 2. The mean concentration of cadmium and maximum tolerance (maximum) of the element according to the type of product (mg/kg wet weight)

	بادمجان	گوجه‌فرنگی	خیار گلخانه‌ای	توت‌فرنگی
تعداد نمونه	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
میانگین	۰/۰۵۴	۰/۰۶۲	۰/۰۲۸	۰/۰۵۱
حداقل	۰/۰۵	۰/۰۵۹	۰/۰۲۱	۰/۰۴۸
حداکثر	۰/۰۶۳	۰/۰۶۵	۰/۰۳۸	۰/۰۵۳
انحراف معیار	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲
t_1^*	۱/۰۱	۶/۹۲	-۴/۲۶	۰/۴۶

t_{1*} عدد آماری t-student برای اختلاف میانگین میزان کادمیوم با حداکثر مجاز (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است.

در شکل ۲ مقایسه میانگین غلظت سرب در برگ و محصول گیاهان نمونه‌برداری شده آورده شده است. نتایج نشان داد غلظت سرب در برگ رابطه مستقیم با غلظت آن در محصول دارد، بر اساس این شکل روند مقدار سرب در محصول، به صورت زیر است:

بادمجان > توت‌فرنگی > گوجه‌فرنگی > خیار گلخانه‌ای



ب الف

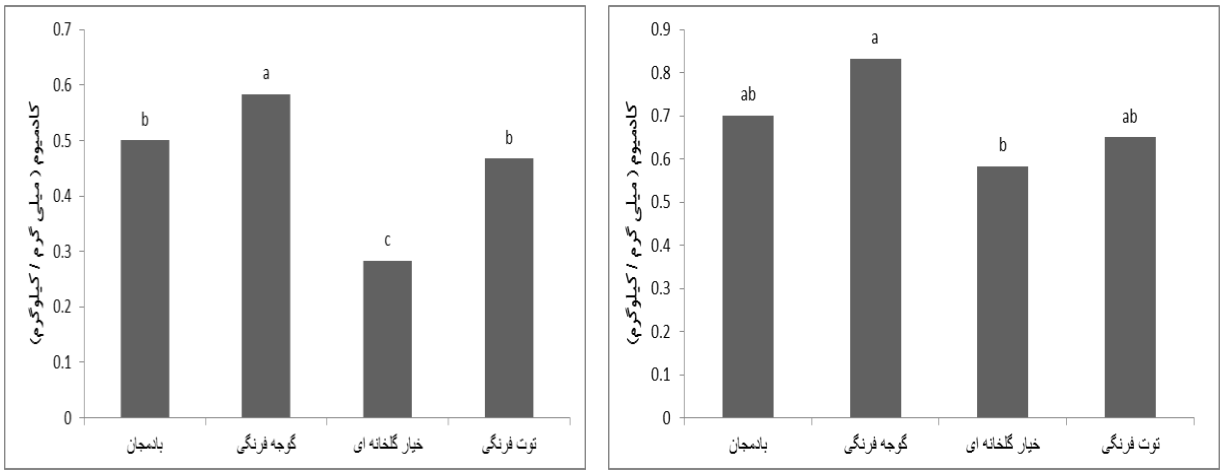
شکل ۲- مقایسه چهار گیاه مورد بررسی از نظر تجمع فلز سرب در برگ (الف) و محصول (ب)

Figure 2. Comparison of four plants in terms of accumulation concentrations of lead in the leaf (A) and the product (b)

همان‌گونه که در شکل ۲ مشخص است مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بادمجان با غلظت ۵/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک دارای بیشترین غلظت سرب بوده و خیار گلخانه با میزان ۰/۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک کمترین غلظت را نشان داد. تجزیه برگ نیز نتایج تقریباً مشابهی با نتایج تجزیه محصولات را نشان داد (شکل ۲).

در مورد کادمیوم نتایج نشان داد بیشترین مقدار کادمیوم در گوجه‌فرنگی و کمترین مقدار آن در خیار گلخانه‌ای مشاهده شد (شکل ۳). همان‌گونه که در شکل ۳ مشخص است، رابطه غلظت کادمیوم در برگ و میوه بسیار نزدیک به‌هم بود، به‌طوری که بیشترین غلظت کادمیوم در گوجه‌فرنگی به ترتیب به مقدار ۰/۸۳۳ و ۰/۵۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در برگ و محصول آن مشاهده شد و کمترین غلظت کادمیوم در خیار گلخانه‌ای به ترتیب به مقدار ۰/۵۸۳ و ۰/۲۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک در برگ و محصول آن مشاهده گردید (شکل ۳).

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان میزان ورود فلزات سنگین به بدن هر انسان را اندازه‌گیری کرد. طبق آمار موسسه استاندار و تحقیقات صنعتی ایران، میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) فلز سرب و کادمیوم به ترتیب ۰/۰۰۳۶ و ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن است. برای این منظور می‌بایست مقدار دریافت روزانه هر عنصر (EDI) برای هر محصول با توجه به مقدار مصرف آن محصول مشخص گردد. قابل ذکر است اگر این مقدار کمتر از مقدار PTDI باشد خطری برای مصرف‌کنندگان آن محصول وجود ندارد، در غیر این صورت آن محصول برای سلامتی خطرناک است. در جدول ۳ میزان EDI برای هر محصول محاسبه و ارائه شده است.



شکل ۳- مقایسه چهار گیاه مورد بررسی از نظر تجمع کادمیوم در برگ (الف) و محصول (ب)

Figure 3. Comparison of four plants in terms of accumulation concentrations of cadmium in the leaf (A) and the product (b)

جدول ۳- مقدار دریافت روزانه (EDI) سرب و کادمیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر) برای هر محصول

Table 3. Amount of daily intake (EDI) lead and cadmium (mg/kg wet weight) for each product

نوع محصول	مصرف روزانه (گرم در روز)	سرب	کادمیوم
بادمجان	۱۰۹	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۹
گوجه‌فرنگی	۱۰۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱
خیار گلخانه‌ای	۱۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۵
توت‌فرنگی	۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۰۱

بحث

نتایج نشان داد مقدار سرب در بادمجان و گوجه‌فرنگی بیشتر از حد مجاز توصیه شده است، نتایج به‌دست آمده مشابه نتایج مطالعه انجام‌شده توسط بیگدلی و سیلس‌پور (۲۲) در بررسی مقدار فلزات سنگین در اراضی کشاورزی شهر ری بود. نتایج آن‌ها نشان داد مقدار غلظت سرب در برخی محصولات مورد مطالعه آن‌ها بیشتر از حد مجاز توصیه‌شده توسط FAO-WHO بوده است. بیشترین مقدار سرب در مطالعه آن‌ها در کرفس و کمترین مقدار سرب در شاهی به‌دست آمد.

استفاده زیاد از کودهای شیمیایی نیز از آنجایی که در هر کیلوگرم کود شیمیایی به طور متوسط به صورت ناخالصی ۰/۰۰۰۸ تا ۰/۹۳ میلی‌گرم سرب به خاک اضافه می‌شود، خود می‌تواند یکی از دلایل وجود سرب در محصولات منطقه باشد (۶). امینی و همکارن (۲۳) در مطالعه خود مهمترین مسیر ورود سرب به زمین‌های کشاورزی در شهرستان‌های استان اصفهان را فرونشست جوی و استفاده از کودهای حیوانی دانستند. در مطالعه نظامی و همکاران (۱۹) در اراضی سبزی کاری منطقه شهمنا شاهرود نشان داده شد مقدار سرب در در ترپچه و شاهی بیشتر از بیشینه روادری سرب در این محصولات است.

شارما و همکاران (۲۴) به بررسی غلظت عناصر سنگین ناشی از فرونشست جوی از هوا و جذب آن توسط سبزیجات در منطقه وارانسی هند پرداختند. آن‌ها با خریداری کردن این سبزیجات از سوپرمارکت‌ها و تعیین غلظت این عناصر به این نتیجه رسیدند که عناصر سنگین برای سلامتی جمعیت مصرف‌کننده

این نوع سبزیجات خطرناک است. آن‌ها چنین بیان نمودند که فرونشست جوی می‌تواند در افزایش عناصر سنگین در گیاهان موثر باشد و این موضوع می‌تواند دارای پتانسیل خطر بالایی برای سلامت افراد مصرف‌کننده این نوع سبزیجات داشته باشد. مقایسه غلظت سرب در محصولات مطالعه حاضر با نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که غلظت سرب در محصولات این پژوهش بیشتر از غلظت سرب در سبزیجات مورد مطالعه آن‌ها بوده است که دلیل آن می‌تواند مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی محصولات منطقه باشد.

در مورد خطر این محصولات بر سلامت بایستی به مقدار EDI برآوردشده در جدول ۳ توجه کرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این جدول برای محصولات مورد آزمایش مقدار EDI سرب کمتر از PTDI به‌دست آمد، بنابراین خطری برای مصرف-کنندگان این محصول وجود ندارد. در مطاله دیگر انجام‌شده بر روی غلظت فلزات سنگین در اراضی کشاورزی اصفهان، مهاجر و همکاران (۶) نشان دادند مقدار دریافت روزانه سرب در برخی محصولات از جمله کاهو و چغندر بیشتر از میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) آن است اما در کلم و پیاز این مقدار کمتر از میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) گزارش شد.

با توجه به نتایج جدول ۳ مقدار کادمیوم برای محصولات مورد آزمایش کمتر PTDI به‌دست آمد بنابراین خطری برای مصرف‌کنندگان این محصولات وجود ندارد. مقادیر به‌دست آمده EDI برای محصولات در این تحقیق نسبت به نتایج سونگ و همکاران (۲۱) بیشتر است. به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی آلودگی این محصولات به خاطر استفاده بیش از اندازه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای فسفاته باشد چرا که این کودها گاهی ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خود کادمیوم به صورت ناخالصی دارند که این مقدار وارد خاک شده و می‌تواند به مرور زمان جذب گیاهان گردد (۲۵). در این رابطه، آموزش کشاورزان برای جلوگیری از مصرف بیش از اندازه کود و مدیریت بهتر اراضی توصیه می‌گردد، تا در آینده از آلودگی محصولات به فلزات سنگین از جمله کادمیوم جلوگیری شود.

امینی و همکاران (۲۳) مقدار میانگین کل کادمیوم در اراضی کشاورزی استان اصفهان را ۱/۷۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند. آن‌ها کودهای فسفره را مهمترین مسیر ورود کادمیوم به زمین‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه دانستند.

جلالی و خانلاری (۲۶) نشان دادند که مقدار کادمیوم در زمین‌های زیر کشت سبزیجات در همدان بیشتر از سایر اراضی بوده است. آن‌ها منبع کادمیوم در خاک‌های تحت کشت را ناشی از فعالیت‌های انسان دانستند. در مطالعه آن‌ها مقدار کادمیوم قابل جذب در خاک ۰/۰۱ تا ۰/۰۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به‌دست آمد. فیتیانوس و همکاران (۲۷) به تخمین و مقایسه توزیع عناصر سنگین در خاک و گیاه منطقه آلوده با منطقه شهری غیر آلوده پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که غلظت عنصر سرب در خاک و سبزیجات منطقه به جزء در هویج بیشتر از منطقه شهری بود و برای کادمیوم غلظت این عنصر به جز در کاسنی برای سایر سبزیجات در منطقه آلوده بیشتر از منطقه شهری بود.

نتایج شارما و همکاران (۲۴) نشان داد که غلظت کادمیوم در برخی سبزیجات مورد آزمایش آن‌ها بیشتر از حد استاندار کشور هند (۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک) بود، غلظت کادمیوم در محصولات آن‌ها نسبت به محصولات این تحقیق بالاتر بود. یکی از دلایل وجود کادمیوم زیاد در محصولات آن‌ها نسبت به کادمیوم محصولات این تحقیق، وجود کادمیوم در اتمسفر آن منطقه و جذب از طریق فرونشست جوی است. در مطالعه انجام شده توسط سمرقندی و همکاران (۲۸) غلظت کادمیوم و حداکثر سرب در سبزیجات به ترتیب صفر و ۳/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم سبزی خشک گزارش شد که کمتر از نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر است. مقدار کادمیوم جذب شده توسط گیاهان بستگی به کل مقدار کادمیوم موجود در خاک و قابلیت جذب این عنصر در خاک دارد (۱۵). نوع گیاه نیز در میزان جذب تأثیر قابل توجهی دارد.

مک برید (۲۹) دریافت که افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک منجر به افزایش جذب این فلزات توسط گیاهان می‌شود. تجمع فلزات سنگین در گیاهان دلایل مختلفی می‌تواند داشته

باشد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، دما، رطوبت، فرونشست جوی فلزات، مصرف کودهای شیمیایی و مقدار این فلزات در خاک و مرحله رشد گیاه اشاره نمود (۲۴).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، گرچه مقدار سرب و کادمیوم در برخی محصولات نمونه‌برداری شده بیشتر از حد مجاز و استاندارد است لیکن با برآورد مقدار EDI محصولات مورد آزمایش مقدار سرب و کادمیوم کمتر از PTDI است و لذا خطری متوجه مصرف‌کنندگان نیست، البته بایستی توجه داشت از آنجایی که این فلزات از طریق سایر محصولات هم به نحوی وارد بدن می‌شوند، لذا مجموع EDI هر فلز ممکن است از حد PTDI فراتر رود که این مسئله خود برای سلامتی خطرناک است.

پیشنهادها

با توجه به این‌که در دشت جیرفت کشاورزی به صورت فشرده و متراکم انجام می‌شود، پیشنهاد می‌شود در آینده مصرف کودها به ویژه کودهای فسفاته با مدیریت دقیقی انجام شود تا از آلودگی محصولات کشاورزی به وسیله فلزات سنگین جلوگیری شود. پیشنهاد می‌شود جهت نیل به سلامت شهروندان ساکن در این منطقه، در تحقیق جامع‌تری از سایر محصولات و همچنین خاک و آب این منطقه نمونه‌برداری انجام گیرد و از لحاظ غلظت فلزات سنگین مورد ارزیابی قرار گیرد. آموزش کشاورزان در استفاده صحیح و مناسب کودهای شیمیایی و مصرف کود بر اساس آزمون خاک و جایگزین کردن این کودها با کود آلی می‌تواند از آلوده شدن خاک و گیاهان منطقه جلوگیری نماید.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از نتایج طرح پژوهشی انجام شده در دانشگاه جیرفت است، بدین‌وسیله از دانشگاه جیرفت جهت تأمین هزینه‌های این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

Reference

1. Boisson, J., Ruttens, A., Mench, M., Vangronsveld, J., 1999. Evaluation of hydroxyapatite as a metalimmobilizing soil additive for the remediation of polluted soils. Part 1. Influence of hydroxyapatite onmetal exchange ability in soil, plant growth and plant metal accumulation. Environmental Pollution, Vol. 104, pp. 225–233.
2. Lame and Leenaers. 1997. International Ash working group, EEA, 1999.
3. Lindsay W L., 1979. Cemical Equation in soil. John Wiley & Sons, INC. New York.
4. Romić, M., Hengl, T., Romić, D., Husnjak, S., 2007. Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores. Computers & Geosciences, Vol. 33(10), pp. 1316-1326.
5. Blom, H. A., 1985. Heavy metal contamination of soils. Thesis of PhD, Agricultural University of Norway, pp. 55-58.
6. Mohajer, R., Salahi, M.H., Mohammadi, J., 2014. Lead and Cadmium Concentration in Agricultural Crops (Lettuce, Cabbage, Beetroot, and Onion) of Isfahan Province, Iran. Iranian Journal of Health and Environment, Vol. 7(1), pp. 1-10. (In Persian)
7. Tiller, K. G., Mclaughlin, M.J., Roberts, A.H.C., 1999. Environmental impacts of heavy metals in agro ecosystems and amelioration strategies in Oceana. In: Huang PM, Iskander IK, editors. Soils and groundwater pollution and remediation. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1-35.
8. Cui, Y., Zhu, Y-G., Zhai, R., Huang, Y., Qin, Y., Liang, J., 2005. Exposure

to metal mixtures and human health impacts in a contaminated area in Nanning, China. Environment International, Vol. 31(6), pp. 784-90.

9. Madani, S., Sophianian, A., Mirghafari, N., Khodakarami, L., 2011. Determine the spatial distribution of heavy metals iron, cobalt and vanadium in the surface soils of Hamadan province. Geomatics Conferences, Iran. (In Persian)
10. Lado, L R., 2008. Heavy metals in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database. Geoderma, Vol. 148, pp. 189-199.
11. World Health Organization (WHO)., 2003. Guidelines for Drinking Water Quality. 3rd ed. Geneva: World Health Organization.
12. Zagrodzki, P., Zamorska, L., Borowski, P.. 2003. Metal (Cu, Zn, Fe, Pb) concentrations in human placentas. Central European Journal of Public Health, Vol. 11(4), pp. 11-18.
13. Türkdoğan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I., Uygan, I., 2003. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey.Environmental Toxicology and Pharmacology, Vol. 13(3), pp. 175-79.
14. Waalkes, M.P., 2003. Review cadmium carcinogenesis. Mutation Research, Vol. 533, pp. 107–120.
15. Alloway, B.J., 1995. Heavy Metals in Soils. 2nd ed.Glasgow: Blackie Academic and Professional, pp. 23-28.
16. Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q., 2008. High levels of heavy metals in rice (Oryza sativa L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. Chemosphere, Vol. 71(7), pp. 1269–75.
17. Nriagu, J.O., Pacyna, J.M., 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils bytrace metals. Nature, Vol. 333, pp. 134-39.
18. Radwan, M.A., Salama, A.K., 2006. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. Food and Chemical Toxicology, Vol. 44(8), pp. 1273-78.
19. Nazemi, S., Asgari, A.R., Rae,i M., 2010. Survey the amount of heavy metals in cultural vegetables in suburbs of Shahroud. Iranian Journal of Health and Environment, Vo. 3(2), pp. 195-202. (In Persian)
20. Emami, A., 1997. Methods of plant analysis. Soil and Water Research Institute, technical publication No. 982, Tehran, Iran, 128p. (In Persian)
21. Song, B., Lei, M., Chen, T., Zheng, Y., Xie, Y., Li, X., 2009. Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the general population in Beijing, China. Journal of Environmental Sciences, Vol. 21(12), pp. 1702-09.
22. Bigdeli, M., Seilsepour, M., 2008. Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with waste water in Shahre Rey-Iran and toxicological implications. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, Vol. 4(1), pp. 86-92.
23. Amini, M., Afyuni, M., Khademi, H., Abbaspour, K.C., Schulin, R., 2005. Mapping risk of cadmium and lead contaminationto human health in soils of Central Iran. Science of the Total

Environment, Vol. 347(1-3), pp. 64-77.

24. Sharma, R.K., Agrawal, M., Marshall, F.M., 2008. Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: a case study in Varanasi. Environmental Pollution, Vol. 154(2), pp. 254-63.
25. Wang, Q.C., Ma, Z.W., 2004. Heavy metals in chemical fertilizer and environmental risks. Rural Eco-Environment, Vol. 20(2), pp. 62–64.
26. Jalali, M., Khanlari, Z.V., 2008. Cadmium availability in calcareous soils of agricultural lands in Hamadan, western Iran. Soil and Sediment Contamination: an International Journal, Vol. 17(3), pp. 256–68.
27. Fytianos, K., Katsianis, G., Triantafyllou, P., Zachariadis, G., 2001. Accumulation of heavy metals in vegetables grown in an industrial area in relation to soil. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 67(3), pp. 23-30.
28. Samarghandi, M.R., Karimpour, M., Sadri, G.h., 1999. A study of Hamadan vegetables heavy metals irrigated with water polluted to this metals, Iran. Journal of Asrar, Sabzevar University of Medical Sciences, Vol. 1, pp. 45-53. (In Persian)
29. McBride, M.B., 2003. Toxic metals in sewage sludgeamended soils: has promotion of beneficial use discounted the risks? Advances in Environment Research, Vol. 8(1), pp. 5-19.