مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۴۱ تا ۵۶

Availible online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی مواجهه با فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در سبزیجات کشت شده در مزارع استان زنجان

لیلا تابنده[1*]، مهدی طاهری[2]

۱- (نویسنده مسئول): کارشناس ارشد بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، زنجان
۲- استادیار بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، زنجان

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۸/۰۳
تاریخ ویرایش: ۹۴/۱۰/۲۳
تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۳۰
تاریخ انتشار: ۹۵/۰۳/۱۷

واژگان کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، سبزیجات، استان زنجان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ltabande@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: *آلودگی خاک‌ها و گیاهان با فلزات سنگین، یک مشکل جدی و در حال گسترش است. تحقیق حاضر با هدف تعیین غلظت عناصر سنگین در خاک و برخی محصولات کشاورزی و احتمال خطر ناشی از مصرف آنها انجام گردید.*

روش بررسی: *این مطالعه توصیفی- مقطعی با نمونه‌برداری به صورت تصادفی و در فصل برداشت سال ۱۳۹۳، بر روی ۲۰۵ نمونه از سبزیجات تولیدی (تره، برگ چغندر، جعفری، هندوانه، خربزه، گوجه‌فرنگی، خیار، سیب‌زمینی، پیاز، سیر، تربچه، نخودفرنگی و باقلا) و ۱۲۹ نمونه از خاک‌های زراعی انجام گردید. غلظت عناصر مس، روی، کادمیوم و سرب در خاک و گیاه، با دستگاه جذب اتمی و تجزیه و تحلیل آماری با نرم افزار SPSS انجام شده است.*

یافته‌ها: *اختلاف بین میانگین غلظت عناصر مس، روی و سرب در بین انواع سبزیجات مختلف معنی‌دار بود($P<0/001$)، اما در مورد کادمیوم، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میانگین سرب، کادمیوم، مس و روی به ترتیب در جعفری، برگ‌چغندر، باقلا و تره تشخیص داده شد. ولیکن، هیچ‌گونه آلودگی به عناصر سنگین در دیگر سبزیجات و خاک‌های تحت مطالعه (به استثنای خاک‌های زراعی مجاور به معدن سرب منطقه ماهنشان)، بدست نیامد. احتمال خطر پذیری به بیماری‌های سرطانی برای هر یک از عناصر، کمتر از یک بدست آمد و مصرف فلزات سنگین، کمتر از حد قابل تحمل مصرف روزانه بودند.*

نتیجه‌گیری: *نتایج این تحقیق نشان داد که، قسمت عمده تجمع فلزات سنگین، در سبزیجات برگی است. بنابراین، می‌بایست، توجه زیادی به مصرف سبزیجات برگی، علی الخصوص، سبزیجات رشد یافته در اطراف مناطق صنعتی، صورت گیرد.*

Please cite this article as: Tabande L, Taheri M. Evaluation of exposure to heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in vegetables grown in the Olericultures of Zanjan Province's fields. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):41-56.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

جذب و تجمع فلزات سنگین در سبزیجات تحت تاثیر بسیاری از فاکتورها از جمله آب و هوا، رسوبات جوی، غلظت فلزات سنگین در خاک و آب، کیفیت خاکی که گیاه در آن رشد می‌کند و درجه رسیدگی محصول در زمان برداشت است (۱). در بین فلزات سنگین، عناصر مس و روی در مقادیر مناسب و بهینه برای بسیاری از سیستم‌های بیولوژیکی انسان ضروری است و در مواردی که مقدار این عناصر برای رشد متعادل گیاه کم باشد، کشاورزان با مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف و یا حتی با کاربرد قارچ‌کش‌های حاوی عنصر مس، منجر به افزایش غلظت این عناصر در گیاهان می‌شوند. فلزات سنگین از قبیل، کادمیوم، سرب، کروم و جیوه، از آلاینده‌های مهم زیست محیطی است، که می‌توانند در سطح یا بافت تازه گیاهان یافت شوند. در میان فلزات سنگین، کادمیوم دارای اهمیت ویژه‌ای است زیرا به راحتی جذب گیاه شده و سمیت آن برای گیاهان تا ۲۰ برابر سایر فلزات سنگین است. آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین، یکی از مشکلات محیطی عمده در جوامع بشری است که علاوه بر کاهش عملکرد و کیفیت محصول، پایداری تولیدات کشاورزی و سلامتی افراد جامعه را به خطر می‌اندازد (۲). گزارش شده است که تقریبا نیمی از میانگین سرب، کادمیوم و جیوه از طریق غذاهای ناشی از منشا گیاهی (میوه، سبزی، غلات و حبوبات) است. آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین، ممکن است به طور وسیعی در فضای شهری گسترش یابد که ناشی از فعالیت‌های صنعتی گذشته و یا استفاده از سوخت‌های فسیلی بوده است (۳). فلزات سنگین ممکن است به روش‌های مختلفی وارد بدن انسان شوند. به طور مثال، استنشاق گرد وغبار و هوای آلوده، ورود مستقیم فلزات به خاک‌های زراعی و مصرف عناصر سنگین توسط گیاهان رشد یافته در این مناطق، که نهایتا منجر به ورود این عناصر به زنجیره غذایی انسان خواهند شد (۴). در مزارع سبزی‌کاری کشور هند و تحت آبیاری با فاضلاب، مشخص شد که، احتمال خطرپذیری برای عناصر روی، کروم و سرب با مصرف سبزیجات بالاست و در بین سبزیجات، سبزی های برگی، دارای عناصر سنگین بالایی هستند (۵). همچنین، در مطالعه‌ای بر روی اراضی سبزی‌کاری اطراف شیراز، آلودگی به فلزات سنگین در خاک و گیاهان تحت آبیاری با فاضلاب نشان داده شد و مقدار پتانسیل خطرپذیری برای کادمیوم از مصرف محصولات کشاورزی در این منطقه، بالاتر از یک به دست آمد (۶). در اراضی سبزی‌کاری جنوب تهران، سبزی ریحان، بالاترین میانگین غلظت روی و مس (۴۳ و ۲۰mg/Kg) را به خود اختصاص داد (۷). در محصولات گندم و سیب‌زمینی استان همدان، احتمال مواجهه با بیماری‌های غیر سرطانی برای هر یک از عناصر کروم، مس و سیلیسیم، کمتر از یک به‌دست آمد. آنها گزارش کردند که، ساکنان مصرف کننده این محصولات، در محدوده امن از نظر تاثیرات سوء بیماری‌های غیر سرطانی قرارگرفته‌اند(۸).

سبزیجات جزء مهمی از زنجیره غذایی انسان است. زیرا دارای کربوهیدرات‌ها، پروتئین، ویتامین‌ها، مواد معدنی و عناصر کم‌مصرف است (۹). در سال‌های اخیر، علی‌الخصوص در میان جوامع شهری، مصرف سبزیجات رو به افزایش است و این، ناشی از افزایش آگاهی‌های مردم از ارزش مفید غذاهای حاوی سبزیجات است (۲، ۱۰). سبزیجات، منبع خوبی از تجمع همه عناصر ضروری و سمی است و با تجمع بیش از حد مجاز عناصر سنگین در آنها، می‌تواند تهدیدی بر سلامتی انسان و نهایتا خطراتی را بر جامعه بشری وارد سازد (۱۱). طبق تحقیقات انجام شده، اکثر پساب‌های صنعتی در استان زنجان، حاوی کادمیوم و سرب است. بطوری‌که، کادمیوم، یکی از محصولات جنبی کارخانجات فرآوری سرب و روی در این استان است و فاضلاب کارخانه سرب و روی از مهم‌ترین منابع آلاینده خاک‌های روستای دیزج‌آباد (حاشیه اصلی جاده قدیم زنجان- تهران) و روستاهای رازبین، پنبه‌چوق، دیزج بالا، اژدهاتو (جاده زنجان- بیجار) به فلزات سنگین و مخصوصا کادمیوم است. وجود غلظت بالای فلزات سنگین در خاک بعضی

Archive of SID

سلامت و محیط زیست دوره نهم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۵
فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران
ijhe.tums.ac.ir

www.SID.ir

از مـزارع، حاکی از آلودگی خاک این مزارع توسـط فاضلاب خروجی کارخانه اسـت و نتایج تجزیـه فاضلاب کارخانه نیز حاوی مقادیر بسیار بالای روی، سرب و کادمیوم است (۱۲). با توجه به اهمیت این قبیل مواد غذایی و مصرف سبزیجات آلوده در کشورهای درحال توسـعه و نهایتا، ورود فلزات سنگین به چرخه غذایی انسـان، لازم است که با انجام مطالعات منطقه‌ای و بررسـی علل و عوامـل آلاینده در محصولات کشـاورزی، به‌نحوی، سلامت غذایی سبزیجات عمده مصرفی استان، مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، تجزیه و تحلیل غلظت کل عناصر سـنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در بسـیاری از سـبزیجات و خاک‌های مزارع تحت مطالعه و محاسـبه مقدار دریافت قابل تحمـل روزانه موقتی این عناصر سـنگین بود. از آنجا که حد مجاز برداشت عناصر مس و روی در اسـتاندارد ملی ایران (۱۳) تعریف نشده است، بنابراین، به منظور مقایسـه این عناصر، از استاندارد کمیته مشترک سازمان خواربار و کشـاورزی ملل متحد و سـازمان بهداشـت جهانی FAO/WHO (۱۴، ۱۵) و بـرای عناصـر کادمیوم و سـرب از استاندارد ملی ایران استفاده گردید. در نهایت، میزان مواجهه با بیماری‌ها در اثر مصرف محصولات کشاورزی منطقه مطالعاتی تحت بررسی قرار گرفت.

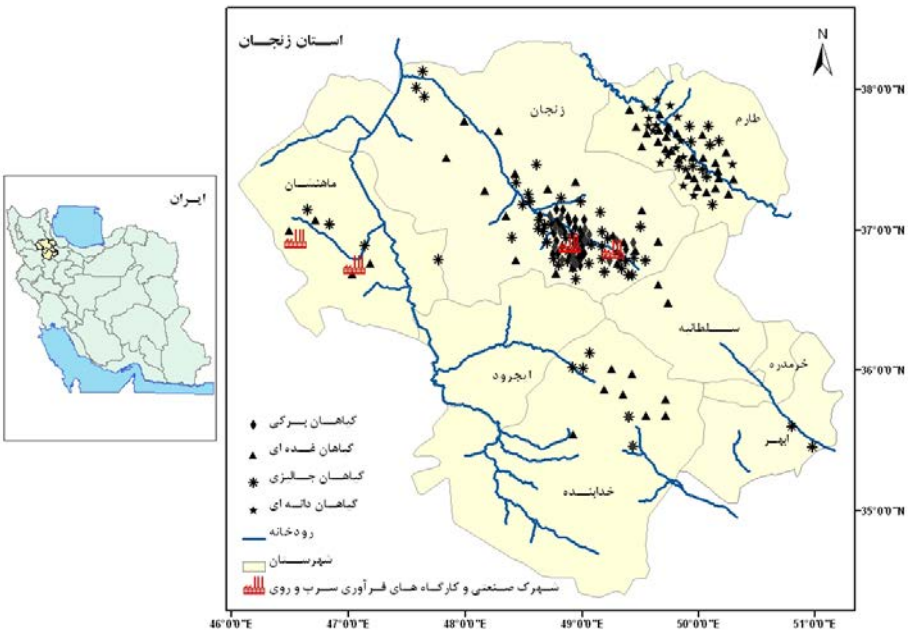
مواد و روش‌ها

استان زنجان با مساحت ۲۲۱۶۴ km^2 (معادل ۱/۳۴٪ مساحت کل کشـور) بین مختصات جغرافیائی ۴۷ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شـمالی قرار دارد. این اسـتان، از نظر تقسیمات کشوری دارای هشت شهرستان شامل زنجان، طارم، خرم‌دره، ابهر، سـلطانیه، خدابنده، ایجرود و ماهنشان است. در این تحقیق، بر روی ۱۳ نوع از سبزیجات تولیدی استان زنجان، اعم از سبزیجات برگی (تره ایرانی *Allium cep L.*، جعفری *crispm Petrs elium*) و برگ چغندر *vulgr is sub p*)، سبزیجات غده‌ای (سـیب‌زمینی *tub rs um*، پیاز *Allium cep*a، سیر *Allium sativum* و تربچه *Raphanus sativus*)، سبزیجات دانه‌ای (نخودفرنگی *Pisum sativum* و باقـلا *fab Vicia*) و سـبزیجات جالیزی (خیار *Cucumis sativus*، گوجه‌فرنگـی *lycp rsicum*، آتشـی *Cucumis melo* و هندوانه *Citrullus laat us*) نمونه‌برداری انجام گردید. طبق شـکل ۱، قسمت عمده مزارع تحت کشت انواع سبزی و صیفی‌جات تولیدی استان و مناطق تحت مطالعه، در شهرستان‌های طارم و زنجان واقع شده است. مزارع مطالعاتی و تحت کشـت محصولاتی از قبیل گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی، پیاز و خیار، شـامل شهرستان‌های زنجان، طارم، خدابنده، ابهر و ماهنشـان بود. همچنین نمونه‌برداری از محصولات جالیزی مانند هندوانه، از مزارع صیفی‌جات شهرسـتان ابهر(روسـتای ازنـاب و قـروه)، شهرسـتان خدابنـده (روسـتای خنداب)، شهرستان طارم (روسـتای ونسر)، حاشیه رودخانه زنجان‌چای (روسـتای سـلطان‌آباد و رجعین) و روسـتای دیزج‌آباد (جاده قدیم زنجان- تهران) انجام گردید و برای محصولات آتشـی، نخودفرنگـی و باقـلا، بـه دلیل سـطح بالای کشـت و تولید عمـده این محصولات در منطقه طـارم، نمونه‌برداری صرفا از روسـتاهای توابع این شهرسـتان، صورت گرفت. لازم به ذکر است که نمونه‌برداری از سبزیجات برگی (تره، جعفری و برگ چغندر)، در قسـمت‌های جنوبی شهرستان زنجان (روستاهای پنبه‌جـوق، رازبیـن، اژدهاتـو، دیزج‌آباد، زنگل‌آباد، کوشـکن و اطراف راه‌آهن شـهری) و شهرسـتان خدابنده (روسـتاهای کهریز، نعل‌بندان) را در برگرفته اسـت. بنابراین مزارع منتخب، صرفا از مناطق با سـطح عمده کشـت صورت گرفت. سـپس از هـر مزرعه، ۳ نمونه از قسـمت‌های ابتدا، وسـط و انتهای مزرعـه به طور تصادفـی نمونه‌برداری انجـام گرفت تا بیانگر هر چه بهتر وضعیت متوسـط هر مزرعه از نظر آلودگی به فلز سنگین تحت مطالعه باشد. از این‌رو، جمعا بر روی ۲۰۵ نمونه گیاهی و ۱۳ نوع از سـبزیجات عمده تولیدی اسـتان که تقریبا ۸۰ ٪ از سـبزیجات سـبد غذایی یک خانوار ایرانی را شـامل بود، صـورت گرفت. تعداد نقاط نمونه‌بـرداری به تفکیک هر

Archive of SID
www.SID.ir

نوع سبزی و بر طبق سطح زیر کشت محصول در سطح استان و مجاورت مزارع مورد مطالعه به منابع آلاینده زیست محیطی (کارخانجات و کارگاه‌های فرآوری سرب و روی و حاشیه رودخانه زنجان‌چای) صورت گرفته است. لازم به ذکر است که نمونه‌گیری موقعی انجام شد که، محصولات کشاورزی آماده برداشت بوسیله کشاورزان منطقه بودند و همزمان، ۱۲۹ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری و از مزارع تحت کشت محصولات مذکورجمع‌آوری شد. نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری شده به منظور جلوگیری از هدر رفتن رطوبت گیاهان، پس از زدن بر چسب، در داخل نایلون‌های پلی‌اتیلن گذاشته و به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، پس از جدا کردن علف‌های هرز از سبزی‌های مذکور، قسمت خوراکی آنها تفکیک و با آب مقطر شستشو و در آون با دمای ۶۰ الی ۶۵ °C خشک و با آسیاب برقی پودر شدند. سپس ۱g از نمونه‌های گیاه را به صورت مجزا، داخل ظروف ۱۰۰mL ریخته و ۱۵mL از مخلوط سه اسید (اسیدنیتریک با درجه خلوص ۷۰٪، اسید پرکلریدریک ۶۵٪ و اسید سولفوریک ۷۰٪) به نسبت ۱:۱:۵ اضافه شد. سپس مخلوط‌ها در دمای ۸۰°C هضم شده تا اینکه محلول شفافی به‌دست آمد و با استفاده از آب مقطر به حجم ۵۰mL رسانده و محلول‌ها، جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین آماده شدند (۱۱). همچنین، خاک‌های جمع‌آوری شده از مزارع تحت مطالعه استان، پس از هوا خشک و عبور از الک ۲Mm، به آزمایشگاه منتقل شدند. ۱ g خاک خشک را به نسبت ۱:۳ با اسیدکلریدریک ۶M و اسیدنیتریک غلیظ، مخلوط و پس از گذشت ۲۴ h، در دمای ۹۰°C، حرارت داده و با اسید نیتریک ۲M، به حجم ۵۰mL، رسانده شد (۱۶). در نهایت غلظت عناصر سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در سبزیجات و خاک‌های تحت مطالعه، با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Avanta P از کمپانی GBC، ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید. اندازه‌گیری‌های مس، روی، کادمیوم و سرب به ترتیب در طول موج‌های ۳۲۴/۷، ۲۱۳/۹، ۲۲۸/۸ و ۲۱۷ nm بود و عرض شکاف برای مس و روی (۰/۵nm)، سرب (۱nm) و کادمیوم (۰/۵nm) تنظیم شده است.

به منظور برآورد غلظت عناصر براساس وزن‌تر، می‌بایست ماده



شکل ۱- نقشه نقاط نمونه‌برداری انواع سبزیجات تولیدی استان زنجان

Archive of SID
www.SID.ir

خشـک هر نوع سبزی را به‌دست آورد. بدین منظور از هر نوع سـبزی تازه در سه تکرار، مقداری برداشته و پس از توزین، در آون در دمای ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ h گذاشـته و بدین ترتیب، ماده خشک هر گیاه به تفکیک به دست آمد.

لازم بـه ذکر اسـت کـه حد تشـخیص دسـتگاه (Limit of Detection) برحسـب mg/L، برای هر یک از عناصر سنگین مس، روی، کادمیوم و سـرب به ترتیب ۰/۰۲۷، ۰/۰۰۸۴/۱۴، ۰/۰ و ۰/۰۴ به دسـت آمد. همچنین برای هر یک از فلزات جهت کنترل دقـت و تکرارپذیری روش، درصد انحراف اسـتاندارد نسـبی (Relative standard deviation) محاسـبه گردیـد کـه بـرای عناصر سـنگین مـس، روی، کادمیوم و سـرب به ترتیب برابر با ۱/۴، ۲/۳، ۰/۸۵ و ۱/۶٪ به دسـت آمد. بیشـینه نظـری میزان دریافت روزانه ملـی (National Theoretical Maximum Daily Intake) بـرای تخمین بیشـینه رواداری فلزات سنگین استفاده گردید که بر طبق معادله مندرج محاسبه شده است (۱۳):

$$NTMDI = \Sigma\ ML_1 \times F_1$$

ML_1: بیشینه رواداری فلز سنگین برای هر محصول (mg/Kg wet weight) و F_1: سرانه مصرف ملی آن محصول (Kg/day) اسـت (جدول۱). ایـن پارامتر، تخمینی از مقـدار قابل تحمل روزانـه موقتـی (Intake Provisional Tolerable Daily) آلاینده مورد نظر (فلز سـنگین) در مدت طولانی اسـت که از تقسیم بیشینه نظری میزان دریافت روزانه ملی بر میانگین وزن بدن شخص بالغ، ۶۰ Kg محاسبه می‌شود و به عنوان درصدی از مقـدار قابـل تحمل روزانـه موقتی آلاینده مـورد نظر (فلز سنگین) بیان شـده که نباید از PTDI اعلام شده در استاندارد ملی ایران بالاتر باشد.

جدول۱- مقدار مصرف انواع سبزیجات در سبد غذایی خانوار ایرانی (۱۳)

انواع سبزیجات	خیار-هندوانه- گوجه فرنگی-آتشی	سبزیجات برگی (تره،جعفری،برگ چغندر.....)	نخودفرنگی- باقلا	سیب زمینی	تربچه- سیر- پیاز
مقدار مصرف (g/day)	۱۰۹	۵۸	۷	۶۸	۳۹

در مرحلـه بعد برای سـبزیجات مذکـور، احتمال خطرپذیری و مواجهـه به بیماری‌ها (Hazard quotient) با اسـتفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

HQ=Intake/RfD

HQ (Hazard quotient): احتمـال خطرپذیـری بـه بیماری‌های غیرسرطانی، Intake: مقدار ورود عناصر سنگین به دستگاه گوارش انسان بر حسب mg/Kg bw/day و RfD (Oral reference dose): حداکثـر غلظتی از عنصر اسـت که برای موجود زنده مشـکلی ایجـاد نمی‌کند. مقدار آن برای مـس، روی، کادمیوم و سـرب به ترتیـب ۰/۰۴، ۰/۳، ۰/۰۰۱ و mg/Kg bw/day ۰/۰۰۴ اسـت. اگـر مقدار HQ کمتر از یک به دسـت آمد مصـرف کننده از اثرات سـوء بیماری‌های غیرسـرطانی در محدوده امن قرار دارند، اگر بیشتر از یک شود احتمـال تاثیرات بیماری غیرسـرطانی بـا افزایش مقدار HQ افزایش می‌یابد (۱۷).

در نهایت، با استفاده از نرم افزار SPSS، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. پس از اطمینان از نرمـال بوده داده‌ها، مقایسـه میانگین با انجـام آزمون توکی بین غلظت عناصرسـنگین (مس، روی، کادمیوم و سـرب) در انواع سـبزیجات (برگی، غده‌ای، جالیزی و دانه‌ای) و با تجزیه واریانـس یک طرفه، آزمون اختلاف آماری انجام شـد و نهایتا با آزمـون One-sample Ttest مقایسـه میانگین بین غلظت

Archive of SID
www.SID.ir

عناصر مذکور در گیاهان مختلف با شاخص‌های استاندارد ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی صورت گرفت.

یافته‌ها

میانگین غلظت فلزات سنگین در خاک‌های مزارع سبزی و صیفی‌جات تولیدی استان زنجان به تفکیک هر محصول، در جدول ۲ نشان داده شده است. محدوده تغییرات غلظت کل عناصر سنگین از قبیل مس ۶۶/۷-۲۲/۱ mg/Kg، روی ۱۹۵/۷-۶۵/۴ mg/Kg، سرب ۳۹-۹/۷ mg/Kg و کادمیوم از حد ناچیز و غیرقابل اندازه‌گیری تا ۱ mg/Kg به‌دست آمد. در خاک‌های زراعی تحت کشت سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی سه منطقه مطالعاتی شهرستان ماهنشان، از جمله روستای قلعه چوق سادات، ساغرچی انگوران و زماین انگوران، بالاترین غلظت کل عناصر سنگین روی به ترتیب با میانگین ۱۶۷۰، ۵۹۵ و ۷۵۰ mg/Kg، کادمیوم ۷/۵، ۷/۵ و ۵/۵ mg/Kg و عنصر سرب ۱۶۰، ۳۳۵ و ۲۷۰ mg/Kg به دست آمدند.

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار غلظت فلزات سنگین (mg/Kg) درخاک‌های زراعی تحت کشت انواع سبزی و صیفی‌جات تولیدی استان زنجان

انواع سبزیجات	مناطق مطالعاتی	مس	روی	کادمیوم	سرب
تره-جعفری-برگ چغندر-تربچه	زنجان-خدابنده-سلطانیه	۳۴/۷±۲/۸	۱۵۸/۶±۲۲۲/۸	۱±۱/۲	۳۹±۵۸/۹
سیب‌زمینی	طارم-زنجان-خدابنده-سلطانیه-ماهنشان	۳۰/۳±۱۲/۸	۱۷۳/۷±۳۲۸	۰/۷±۲	۳۶/۸±۶۹/۲
سیر	طارم	۵۰/۳±۱۰	۹۳/۹±۲۰/۱	nd	۱۷±۷/۳
پیاز	زنجان- ماهنشان	۳۶/۹±۱۴/۹	۹۵±۲۹/۱	۰/۴±۰/۹	۱۷/۶±۱۶/۵
گوجه‌فرنگی	طارم-زنجان-ماهنشان-خدابنده	۲۷/۴±۱۰/۹	۱۹۵/۷±۳۵۸/۴	۱±۱/۹	۳۸/۸±۶۱/۱
خیار	زنجان-خدابنده-ماهنشان-ابهر	۲۶/۳±۹/۸	۱۲۰/۴±۱۳۱/۳	۰/۵±۱/۲	۲۶/۵±۵۰/۳
آتشی	طارم	۳۱±۳/۵	۶۵/۴±۸/۹	nd	۹/۷±۳/۹
هندوانه	زنجان-طارم-ابهر-خدابنده	۲۲/۱±۷/۹	۶۶/۳±۱۸/۱	۰/۱±۰/۲۳	۱۲/۸±۶/۲
نخودفرنگی	طارم	۶۶/۷±۱۳/۱	۹۴/۳±۱۸/۷	nd	۱۶/۲±۱۲/۸
باقلا	طارم	۵۶/۱±۱۵/۸	۱۰۱/۶±۲۱/۹	۰/۱±۰/۱۶	۱۷/۲±۶/۴
استاندارد ملی ایران برای انواع سبزیجات (۱۸)	-	۲۰۰	۵۰۰	۵	۷۵

nd: مخفف ناچیز و غیر قابل اندازه‌گیری است.

در داده‌های مندرج در جدول ۳، میانگین غلظت عناصر سنگین در انواع سبزیجات تولیدی استان و به همراه تعداد نقاط نمونه‌برداری نشان داده شده است. محدوده تغییرات غلظت عناصرسنگین اعم از، مس ۱۶/۹۰-۵/۸ (mg/Kg dry weight) و روی ۸۲-۱۵/۷ (mg/Kg dry weight)، کادمیوم از حد ناچیز تا ۰/۰۹ mg/Kg wet weight و همچنین سرب در محدوده ناچیز تا ۰/۴۲ mg/Kg wet weight برآورد گردید. ترتیب غلظت مس در انواع سبزیجات به صورت زیر است:

سیر< آتشی <پیاز <سیب‌زمینی <تربچه <هندوانه <جعفری< برگ چغندر <نخودفرنگی <گوجه‌فرنگی <خیار<تره <باقلا

از طرفی، بالاترین غلظت روی درگروه سبزیجات برگی (تره ایرانی، برگ چغندر و جعفری) و پایین‌ترین غلظت این عنصر، در محصولات سیب‌زمینی با میانگین ۱۵/۷ mg/Kg dry weight نشان داده شد. ازبین سبزیجات برگی، تره ایرانی با میانگین ۸۲ mg/Kg dry weight، بالاترین غلظت روی را به خود

Archive of SID
www.SID.ir

اختصاص داده است. ترتیب غلظت روی در انواع سبزیجات به شرح زیر است:

سیب‌زمینی <هندوانه <سیر <پیاز <آتشی <گوجه‌فرنگی <باقلا< خیار <نخودفرنگی <تربچه <برگ چغندر<جعفری <تره

غلظت کادمیوم در محصولات آتشی، سیر، نخود فرنگی و باقلا، که از عمده محصولات تولیدی شهرستان طارم است، ناچیز و غیرقابل اندازه‌گیری بود. این درحالی است که بالاترین غلظت کادمیوم با میانگین ۰/۰۹ mg/Kg wet weight مربوط به گیاه برگ چغندر از گروه سبزیجات برگی است. ترتیب غلظت کادمیوم در انواع محصولات مورد مطالعه به صورت زیر است:

آتشی=سیر=نخودفرنگی=باقلا<پیاز <هندوانه=خیار<سیب زمینی<گوجه‌فرنگی =تربچه <تره<جعفری<برگ چغندر

با توجه به نتایج جدول ۳، بالاترین غلظت سرب در سبزی جعفری از گروه سبزیجات برگی و با میانگین ۰/۴۲ mg/Kg wet weight گزارش شد. این در حالی است که در کلیه سبزیجات دانه‌ای (نخودفرنگی و باقلا) و در سبزیجات غده‌ای از جمله محصولات پیاز و سیر، غلظت سرب ناچیز و غیرقابل اندازه‌گیری بود. بنابراین تغییرات غلظت سرب گیاهی به ترتیب زیر است:

خیار= هندوانه<گوجه‌فرنگی <سیب‌زمینی<تربچه=آتشی <تره<برگ چغندر <جعفری

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار غلظت مس و روی (mg/Kg dry weight)، کادمیوم و سرب (mg/Kg wet weight) در انواع سبزیجات تولیدی استان زنجان

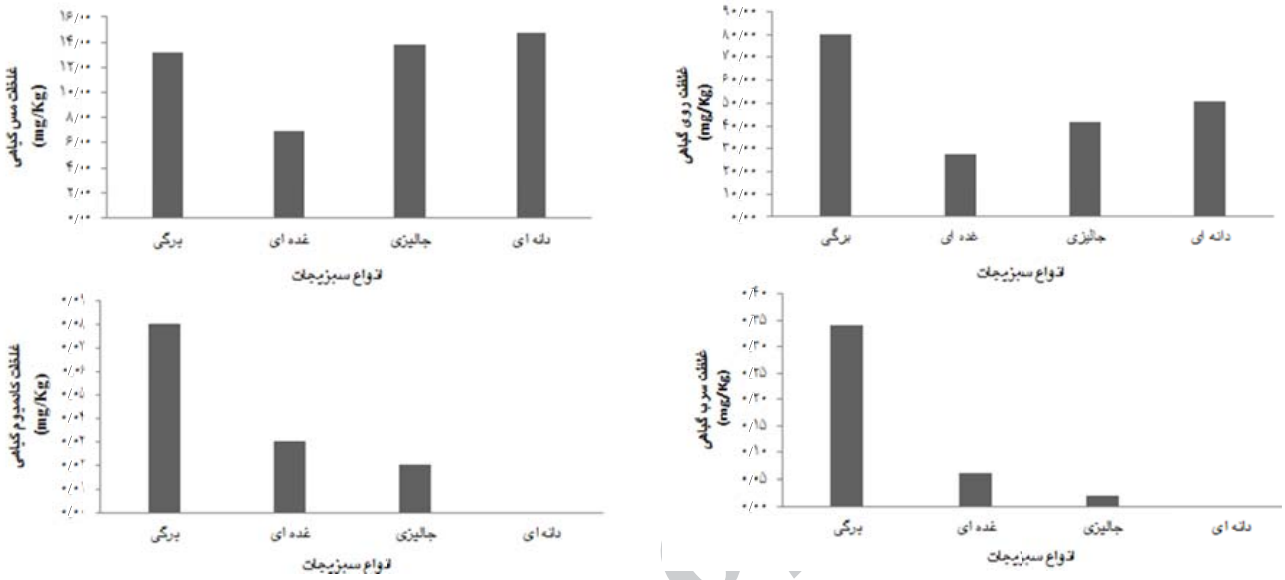
انواع سبزیجات تولیدی		تعداد نقاط	مس	روی	کادمیوم	سرب
			(mg/Kg dry weight)		(mg/Kg wet weight)	
سبزیجات جالیزی	گوجه‌فرنگی	۲۳	۱۴/۶±۵/۴^{a}	۳۴/۶±۱۴/۲^{bc}	۰/۰۵±۰/۱۵^{a}	۰/۰۲±۰/۰۳^{c}
	خیار	۲۷	۱۵/۲±۶/۵^{a}	۵۵/۳±۲۳/۷^{ab}	۰/۰۱±۰/۰۲^{a}	۰/۰۱±۰/۰۳^{c}
	آتشی	۵	۶/۵±۱/۴ ^{bc}	۳۳/۷±۱۷/۸^{bc}	nd	۰/۱±۰/۲۲^{bc}
	هندوانه	۸	۱۰/۷±۶/۱^{abc}	۲۳/۲±۷/۵^{cd}	۰/۰۱±۰/۰۲^{a}	۰/۰۱±۰/۰۳^{c}
سبزیجات غده‌ای	سیر	۱۱	۵/۸±۳/۳^{c}	۲۳/۴±۸/۲^{cd}	nd	nd
	سیب‌زمینی	۳۵	۷/۳±۳/۹^{bc}	۱۵/۷±۹/۴^{d}	۰/۰۴±۰/۱۴^{a}	۰/۰۹±۰/۴۷^{bc}
	پیاز	۱۱	۶/۶±۲/۵^{bc}	۲۴/۶±۱۲/۳^{cd}	۰/۰۰۴±۰/۰۱^{a}	nd
	غده تربچه	۱۱	۷/۴±۳/۹۹^{bc}	۷۲/۹±۷۹/۲^{ab}	۰/۰۵±۰/۰۶^{a}	۰/۱±۰/۲۶ ^{bc}
سبزیجات برگی	تره ایرانی	۲۰	۱۵/۵±۶/۳^{a}	۸۲±۵۴/۶^{a}	۰/۰۷±۰/۰۸^{a}	۰/۲۹±۰/۵۵^{abc}
	برگ چغندر	۱۸	۱۲/۱±۴/۷^{abc}	۷۸/۹±۴۴/۳^{a}	۰/۰۹±۰/۱۳^{a}	۰/۳۱±۰/۳۹^{ab}
	جعفری	۱۸	۱۱/۸±۴/۳^{abc}	۷۹/۱±۳۹/۸^{a}	۰/۰۸±۰/۱۷^{a}	۰/۴۲±۰/۳۱^{a}
سبزیجات دانه‌ای	نخودفرنگی	۹	۱۲/۵±۲/۷^{ab}	۵۹/۳±۱۳/۶^{ab}	nd	nd
	باقلا	۹	۱۶/۹±۳/۶^{a}	۴۲/۴±۷/۱^{abc}	nd	nd

nd: مخفف ناچیز و غیر قابل اندازه‌گیری است.

- در هر ستون، میانگین های دارای حروف مشترک انگلیسی، تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ نشان ندادند.

Archive of SID
www.SID.ir

طبق نتایــج مندرج در نمودار ۱، بالاترین میانگین غلظت روی ۸۰ mg/Kg dry weight، کادمیوم و سرب، به ترتیب برابر با ۰/۰۸ و ۰/۳۴ mg/Kg wet weight به گروه سبزیجات برگی تعلق گرفته است.



نمودار ۱- میانگین غلظت عناصر سنگین در گروه سبزیجات تولیدی استان زنجان

همانطورکه قبلا اشــاره شــد، بــا توجه به نتایج به‌دســت آمده (جــدول۴)، می‌توان مقدار ورود فلزات ســنگین را، با مصرف ســبزیجات مذکور و برای یک انسان بالغ ۶۰Kg محاسبه کرد. نتایج نشان داد که در کلیه سبزیجات منتخب، با توجه به غلظت بالای روی در مقایســه با ســایر عناصر سنگین، مقدار دریافت روزانــه عنصــر روی، بالاتر از ســایر عناصر بــود و بعد از آن عنصر مس در رتبه بعدی قرار دارد. همچنین، در بین سبزیجات مختلف، میانگین بالاترین میزان دریافت روزانه عناصر سنگین مس، روی و ســرب با مصرف سبزی جعفری، به ترتیب برابر بــا ۰/۰۰۱۷، ۰/۰۱۱۳ و ۰/۰۰۰۴ mg/Kg bw/day بود. این درحالی اســت که بالاترین مقدار دریافت روزانه عنصرکادمیوم با مصرف هر دو نوع ســبزی تره ایرانی و برگ چغندر برابر با ۰/۰۰۰۱ mg/Kg bw/day به دست آمد. بنابراین، طبق نتایج مندرج درجدول ۴، بالاترین مقدار ورود عناصر ســنگین مس، روی، کادمیوم و ســرب به دستگاه گوارش افراد مصرف کننده منطقــه مطالعاتی، به ترتیب برابر با ۰/۰۰۱۴، ۰/۰۰۸۶، ۰/۰۰۰۱ و ۰/۰۰۰۳ mg/Kg bw/day به گروه ســبزیجات برگی تعلق گرفت. از طرفی، پتانســیل مواجهه با بروز بیماری ها (HQ) با مصرف کلیه سبزیجات تحت مطالعه و برای عناصر مس، روی، کادمیوم و ســرب، به ترتیب برابر با ۰/۱، ۰/۰۶، ۰/۱۷ و ۰/۱۱ به دست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴- دامنه تغییرات مقدار دریافت روزانه عناصر سنگین (mg/Kg bw/day) در سبزیجات تولیدی استان زنجان

انواع سبزیجات تولیدی		تعداد نقاط	مس	روی	کادمیوم	سرب
سبزیجات جالیزی	گوجه‌فرنگی	۲۳	۰/۰۰۰۷۱ –۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۴ –۰/۰۰۷	nd –۰/۰۰۱۴	nd –۰/۰۰۰۲
	خیار	۲۷	۰/۰۰۰۰۴ –۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۷ –۰/۰۰۸	nd –۰/۰۰۰۰۹	nd –۰/۰۰۰۲۶
	آتشی	۵	۰/۰۰۰۷۷ –۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۲۳ –۰/۰۰۹	nd	nd–۰/۰۰۰۰۴
	هندوانه	۸	۰/۰۰۰۰۸ –۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۱۵ –۰/۰۰۵	nd –۰/۰۰۰۸	nd–۰/۰۰۰۰۴
سبزیجات غده ای	سیر	۱۱	۰/۰۰۰۳۶–۰/۰۳۱۲	۰/۰۰۲۶–۰/۰۱۰۳	nd	nd
	سیب‌زمینی	۳۵	۰/۰۰۰۳۵–۰/۰۰۴۵۱	۰/۰۰۱۱–۰/۰۰۹۲	nd –۰/۰۰۰۹۴	nd –۰/۰۰۳۲
	پیاز	۱۱	۰/۰۰۰۲ –۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۴ –۰/۰۰۳	nd –۰/۰۰۰۰۳	nd
	غده تربچه	۱۱	۰/۰۰۰۱۴ –۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۳ –۰/۰۱۳	nd –۰/۰۰۰۱۴	nd –۰/۰۰۰۵۶
سبزیجات برگی	تره ایرانی	۲۰	۰/۰۰۰۹ –۰/۰۰۳	۰/۰۰۴۱ –۰/۰۲۴	nd –۰/۰۰۰۳	nd –۰/۰۰۲۳
	برگ چغندر	۱۸	۰/۰۰۰۵ –۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۵ –۰/۰۱۴	nd –۰/۰۰۰۴	nd –۰/۰۰۱۵
	جعفری	۱۸	۰/۰۰۰۸ –۰/۰۰۳	۰/۰۰۳۵ –۰/۰۲۵	nd –۰/۰۰۰۷	nd –۰/۰۰۰۹
سبزیجات دانه ای	نخودفرنگی	۹	۰/۰۰۰۳ –۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۳ –۰/۰۰۲	nd	nd
	باقلا	۹	۰/۰۰۰۵ –۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۰۱۲–۰/۰۰۱۹	nd	nd
محدوده مجاز			۰/۵[a]	۱[a]	۰/۰۰۱[b]	۰/۰۰۳۶[b]

a: منابع (۱۵،۱۴) b: منبع (۱۳)

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که، قسمت عمده خاک‌های آلوده به فلزات سنگین علی‌الخصوص عناصر روی، سرب و کادمیوم، در خاک‌های زراعی تحت کشت محصولاتی از قبیل سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی است. طبق شکل ۱، کارخانجات فرآوری سرب و روی استان زنجان در ۴ منطقه جغرافیایی پراکنده شده‌اند. بطوریکه، دوکارگاه صنعتی در شهرستان ماهنشان و دو کارگاه صنعتی در قسمت‌های جنوب غربی و شرقی شهرستان زنجان قرار دارند. بنابراین، با توجه به مجاورت مزارع سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی (روستاهای قلعه چوق سادات، زماین انگوران و ساغرچی انگوران)، به معدن سرب شهرستان ماهنشان، آلودگی این خاک‌ها دور از انتظار نخواهد بود. ولیکن، در سایر

Archive of SID
www.SID.ir

خاک‌های زراعی تحت کشت این قبیل محصولات در سطح استان و از جمله شهرستان‌های خدابنده، ابهر، زنجان، سلطانیه و طارم، هیچ‌گونه آلودگی به عناصر سنگین در خاک زراعی آنها گزارش نشد و غلظت عناصر سنگین در خاک‌های مذکور، کمتر از استانداردهای ملی ایران (۱۸) بود. تحقیقات نشان داده است که، یکی از دلایل اصلی آلودگی خاک‌های استراوا جمهوری چک، ناشی از فعالیت‌های صنعتی است، بطوری‌که میانگین غلظت عناصر سنگین کادمیوم، سرب، روی و مس در خاک‌های تحت مطالعه، به ترتیب برابر با ۰/۲، ۶۶/۹، ۲۰۹/۵ و ۳۸/۵ mg/Kg گزارش گردید (۱۹). در خاک‌های زراعی اطراف معدن مس در اسپانیا (گالیسیا)، محدوده تغییرات غلظت کل مس و روی، به ترتیب ۵۲۴۱-۲۷۳ و ۸۹۴-۷۳ mg/Kg بود (۲۰). محدوده تغییرات غلظت سرب و کادمیوم در خاک‌های شهر فوکسین کشور چین، به ترتیب ۳۴/۶۲-۷/۱۲ و ۰/۲۴- ۱۲ /۰ mg/Kg است (۲۱).

همان‌طور که قبلا اشاره شده بود، در استاندارد ملی ایران (۱۳) محدوده مجازی برای غلظت عناصر مس و روی گیاهی گزارش نشده است، بنابراین، به منظور مقایسه و بررسی میزان آلودگی عناصر مذکور در سبزیجات تولیدی استان، از استاندارد FAO/WHO استفاده شد. بالاترین غلظت مس گیاهی، مربوط به باقلا با میانگین ۱۶/۹ mg/Kg dry weight گزارش شد که با سایر محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی، خیار و تره ایرانی اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند و کمترین غلظت مس مربوط به محصولات سیر (۵/۸ mg/Kg dry weight) است. همان‌طور که قبلا اشاره شد، میانگین غلظت مس در کلیه محصولات تحت مطالعه، کمتر از استاندارد FAO/WHO (۴۰ mg/Kg dry weight) بود و اختلاف آنها از حد استاندارد در سطح ۰/۱٪ معنی‌دار به‌دست آمد. این در حالی است که، میانگین غلظت مس در کلیه سبزیجات تحت مطالعه، بالاتر از نتایج سبزیجات کشور مصر گزارش شد (۲۲). در مقایسه بین ۴ گروه تقسیم‌بندی سبزیجات، میانگین غلظت مس در گروه‌های سبزیجات برگی، غده‌ای، جالیزی و دانه‌ای به ترتیب ۱۳/۲، ۶/۹۷، ۱۳/۸ و ۱۴/۷ mg/Kg dry weight بود. بندرت امکان وجود اثرات سمی عنصر روی بر بدن انسان گزارش شده است و مهمترین اهمیت روی به همراه عنصر مس، در فرایندهای سوخت و ساز است. از اثرات سمیت این عنصر، تهوع، سوء هاضمه، استفراغ، اسهال و آسیب به پارانشیم کبدی است (۲۳). همانطور که در نتایج جدول ۲ نشان داده شد، میانگین غلظت روی در گروه سبزیجات برگی، غده‌ای، جالیزی و دانه‌ای به ترتیب ۸۰/۱، ۲۷/۶، ۴۱/۹۷ و ۵۰/۹ mg/Kg dry weight به‌دست آمد. تنها غلظت روی در گروه سبزیجات برگی، بالاتر از استاندارد FAO/WHO (۶۰ mg/Kg dry weight) بود و در سایر محصولات تولیدی استان، میانگین غلظت روی، کمتر از استاندارد مذکور است. بنابراین به استثنای گروه سبزیجات برگی (تره، جعفری و برگ چغندر) و از گروه سبزیجات غده‌ای محصولات تربچه که جزء سبزیجات خوردنی است، در سایر محصولات تولیدی استان، غلظت روی در محدوده مجاز بود و این محصولات، سالم و عاری از هر گونه تجمع روی هستند. میانگین غلظت روی در سبزیجات برگی استان، پایین‌تر از نتایج سبزیجات کشور مصر گزارش شد (۲۲). میانگین غلظت روی در نمونه‌های سیب‌زمینی‌های برداشتی از سطح استان (۱۵/۷ mg/Kg dry weight)، که بالاتر از نتایج پاکستان (۲۴)، سوئد (۲۵) و نیجریه (۲۶) بود. با انجام آزمون T-test و مقایسه بین غلظت روی در گروه‌های سبزیجات، نتایج گویای آن است که اختلاف غلظت روی در بین سبزیجات برگی غده‌ای و جالیزی از استاندارد FAO/WHO در سطح ۰/۱٪ و برای سبزیجات دانه‌ای در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

طبق گزارشات موسسه استاندارد ملی ایران (۱۳)، حد مجاز غلظت کادمیوم برای سبزیجات برگی و دانه‌ای ۰/۱ و برای سبزیجات جالیزی و غده‌ای ۰/۰۵ mg/Kg wet weight است. میانگین غلظت کادمیوم در گروه‌های سبزیجات برگی، غده‌ای و جالیزی به ترتیب ۰/۰۸، ۰/۰۳ و ۰/۰۲ mg/Kg wet weight برآورد گردید که بالاترین غلظت کادمیوم مربوط به

Archive of SID
www.SID.ir

گروه سبزیجات برگی بود (نمودار ۱) و این در حالی است که، غلظت کادمیوم در کلیه محصولات مورد مطالعه، کمتر از استاندارد ملی ایران (۱۳) و کمیته مشترک سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان بهداشت جهانی FAO/WHO (۰/۱ mg/Kg) به‌دست آمد. همانطور که در نتایج تجزیه واریانس نشان داده شد (جدول۵)، بین انواع سبزیجات تولیدی استان، از نظر مقدار کادمیوم اختلاف آماری معنی‌داری به‌دست نیامد و همه سبزیجات تحت مطالعه، در یک گروه آماری قرار داشتند. همچنین، با انجام آزمون T-test اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت کادمیوم در هر یک از محصولات مذکور از حد استاندارد ملی ایران، به‌دست نیامد. Rarnos و همکاران (۲۷) گزارش کردند که کادمیوم فلز متحرک بود که به آسانی از سطح ریشه گیاهان جذب شده و به بافت چوبی آنها حرکت کرده و در قسمت‌های بالایی گیاه تجمع می‌یابند. بطوریکه، تجمع کادمیوم در قسمت‌های هوایی گیاه، بیشتر از قسمت‌های زمینی (غده یا ریشه) خواهد بود. در محصولات سیب‌زمینی و سبزیجات برگی جمع‌آوری شده از سطح استان، میانگین غلظت کادمیوم به ترتیب (۰/۲ و ۰/۸ mg/Kg dry weight) بود، که تقریبا ۱۰ برابر غلظت کادمیوم در سیب‌زمینی و سبزیجات برگی کشور مصر (۲۲) است که این نتایج مشابه با نتایج کشور یونان (۲۸) بود. بنابراین، در این تحقیق، بیشترین غلظت کادمیوم سیب‌زمینی به ترتیب، در مزارع سیب‌زمینی واقع در روستاهای قلعه چوق سادات و ساغرچی انگوران منطقه ماهنشان با میانگین‌های ۰/۸۳ و۰/۱ mg/Kg wet weight و در روستاهای اژدهاتو و دیزج‌آباد شهرستان زنجان با میانگین ۰/۱ mg/Kg wet weight به‌دست آمد و در سایر محصولات سیب‌زمینی استان، هیچ‌گونه آلودگی به کادمیوم گزارش نگردید. طبق شکل ۱، این مناطق آلوده و تحت کشت سیب‌زمینی، در مجاورت به ۴ کارگاه صنعتی سرب و روی (شهرستان زنجان) و معدن سرب (شهرستان ماهنشان) است و همان‌طورکه قبلا اشاره شد (جدول۲)، از بین مزارع تحت کشت سیب‌زمینی، خاک‌های زراعی مجاور به معدن سرب منطقه ماهنشان (قلعه چوق سادات و ساغرچی انگوران)، آلوده به عنصر کادمیوم بودند.

سرب، فلزی سمی است که معمولا گیاهان، بدون تغییر بر عملکرد ظاهریشان، توانایی بالایی در جذب و تجمع این عنصر را دارا است. بطوری‌که، در بسیاری از گیاهان، تجمع سرب، صدها برابر بیشتر از حد مجاز و قابل قبول خواهد بود (۲۹). طبق گزارشات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳)، حد مجاز غلظت سرب در انواع سبزیجات برگی و دانه‌ای، ۰/۲ mg/Kg wet weight و در سبزیجات غده‌ای و جالیزی، ۰/۱ mg/Kg wet weight برآورد گردید. همچنین، حداکثر غلظت مجاز سرب درسازمان بهداشت جهانی ۰/۳ mg/Kg گزارش شده است. در این تحقیق، میانگین غلظت سرب به ترتیب در گروه‌های سبزیجات برگی، غده‌ای و جالیزی، ۰/۳۴، ۰/۰۶ و ۰/۰۲ mg/Kg wet weight گزارش شد که میانگین غلظت سرب در سبزیجات برگی با اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بالاتر از استاندارد ملی ایران بدست آمد. ولیکن، میانگین غلظت سرب در سبزیجات غده‌ای و جالیزی کمتر از استاندارد ملی ایران بود و اختلاف آنها از استاندارد ایران، معنی‌دار نبود. بنابراین محدوده غلظت سرب در سبزیجات برگی، بالاتر از استانداردهای ملی ایران (۱۳) و کمیته مشترک سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و سازمان بهداشت جهانی (۱۴، ۱۵) به‌دست آمده است. میانگین غلظت سرب در سیب‌زمینی‌های برداشتی از سطح استان، ۰/۴ mg/Kg dry weight بود که بالاتر از کشورهای مصر (۲۲) و پاکستان (۲۴) است. با بررسی غلظت سرب در نمونه‌های برداشتی سیب‌زمینی استان زنجان، مشخص گردید که به ترتیب، بیشترین غلظت سرب گیاهی در نمونه‌های سیب‌زمینی واقع در روستاهای قلعه‌چوق‌سادات (شهرستان ماهنشان) و دیزج‌آباد (شهرستان زنجان) با میانگین‌های ۲/۸ و ۰/۲ mg/Kg wet weight بدست آمد و در سایر مناطق مطالعاتی، هیچ‌گونه آلودگی به عنصر سرب در محصولات سیب‌زمینی استان، به‌دست نیامد.

همانطور که در نتایج نشان داده شد، با مصرف انواع سبزیجات

Archive of SID
www.SID.ir

تولیدی اســتان، مقدار ورود عناصر سنگین به دستگاه گوارش انســان، کمتر از حد قابل تحمل مصرف روزانه بود و از طرفی، پارامتر میزان مواجهه با بروز بیماری‌ها (HQ) برای کلیه عناصر ســنگین تحت مطالعه، کمتر از یک به دســت آمد. از این رو، ســلامت غذایی مصرف کنندگان محصولات کشاورزی تحت مطالعه، تضمین شــده و در محدوده امن و دور از تاثیر ســوء بیماری‌ها است.

بــا توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت عناصر سنگین مس، روی و سرب در بیــن ســبزیجات مختلــف بــه دســت آمــد (P<۰/۰۰۱). ترتیــب غلظت فلــزات ســنگین در ســبزیجاتی از جمله پیاز Zn >Cu> Cd> Pb، خیــار، باقــلا، نخودفرنگــی و ســیر Zn >Cu> Cd= Pb نشــان داده شــد و در ســایر سبزیجات مورد مطالعه، میانگین غلظت عناصر، بدین ترتیب، روند کاهشی داشته است: Zn >Cu> Pb> Cd .

محققــان بیان کردند که برخی گیاهان مثــل یونجه، کادمیوم را در ریشــه پخش می‌کنند و برخی دیگــر مانند کاهو در برگ‌ها توزیع می‌کنند. بنابراین، نوع گیاه نیز درمیزان جذب، تاثیر قابل توجهی دارد (۷). در اراضی مختلف سبزی‌کاری جنوب تهران مشــخص شد که بیشــترین مقدار ســرب و کادمیوم در سبزی تره دیده می‌شــود. آنها مقدار سرب و کادمیوم سبزی تره را به ترتیــب ۰/۱۴ و ۰/۱۵ mg/Kg wet weight گــزارش کردند (۳۰). همانطور که قبلا اشــاره شد، قسمت عمده تجمع عناصر ســنگین روی، کادمیوم و سرب در گروه سبزیجات برگی بود، که، بالاتر از سایر محصولات مذکور است و با توجه به کشت عمده این قبیل محصولات در اطراف شــهرک تخصصی سرب و روی، احتمال آلودگی به عناصر ســنگین در سبزیجات برگی دور از انتظار نخواهد بود و می‌توان آن را ناشی از فعالیت‌های صنعتی انسان در این منطقه مطالعاتی دانست. این یافته مشابه با نتایج سایر محققان است (۲۲). Mehrasbi و همکاران (۳۱)، در مطالعه‌ای برکیفیت هوای زنجان نشــان دادند که، ســرب و روی در ذرات راســب شونده، از یک منشاء مشترک در منطقه پراکنده شــده‌اند و نتایج نشــان دهنده تاثیر منابع انساز (صنایع و کارگاه‌های ســرب و روی) برکیفیت هوا است و می‌توان از ذرات راســب شونده به عنوان شــاخص آلودگی هوا به فلزات ســنگین در استان زنجان استفاده نمود. Nazemi و همکاران (۳۲) گــزارش کردند که، میانگین غلظت کادمیوم و ســرب در سبزیجات پرورشــی حومه شهر شــاهرود، بالاتر از استاندارد ارائه شــده توسط FAO/WHO است. آنها، پساب‌های شهری و صنعتــی را علت اصلــی آلودگی گیاهان به فلزات ســنگین دانستند.

نتیجه‌گیری

آلودگــی به عناصر ســرب و روی در ســبزیجات برگی (تره، جعفــری و برگ‌چغندر) و تربچه از گروه ســبزیجات غده‌ای گــزارش گردید. این در حالی اســت که در ســایر محصولات

جدول۵- نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر سنگین در انواع سبزیجات تولیدی استان زنجان

منابع تغییرات	درجه آزادی	مس	روی	کادمیوم	سرب
		میانگین مربعات			
انواع سبزیجات	۱۲	۲۲۸/۸۷۷***	۶/۱۹۸***	۰/۰۱۷ns	۰/۳۴۴***
اشتباه	۱۹۲	۲۳/۵۴۴	۰/۲۷۳	۰/۰۱۱	۰/۰۹۷
کل	۲۰۴				

*** معنی داری در سطح احتمال ۰/۱ ٪
ns = عدم معنی داری

Archive of SID
www.SID.ir

تولیـدی اسـتان، هیچ‌گونـه آلودگی به تجمع عناصر سـنگین مس، روی، کادمیوم و سـرب نشان داده نشد. طبق نقشه استان (شکل ۱)، بیشترین سطح کشت مزارع سبزی‌کاری در مجاورت به شهرک تخصصی روی (کارخانجات سرب و روی) و یا در حاشـیه رودخانه زنجان‌چای است که کشاورزان این منطقه، با اسـتفاده از فاضلاب شهری، مزارع را آبیاری می‌کنند. بنابراین، مزارع تحقیقاتی سـبزی‌کاری، درحداقل فاصله مکانی از منابع آلودگـی واقع شـده‌اند و همان‌طورکه در نتایج اشـاره گردید، سـبزیجات برگی نسبت به سایر محصولات، جذب کننده‌های خوبی از عناصر سـنگین است که با تعرق بیشتر، قسمت عمده عناصرسـنگین، در سـاقه و برگ این گیاهـان تجمع می‌یابد و به دلیل برگ‌های پهناورشـان، بیشتر مسـتعد آلودگی فیزیکی با گرد و غبار هسـتند. برخلاف آلودگی به سـرب و روی در محصولات مذکور (تره، جعفـری، برگ چغندر و تربچه) و با مصرف آنها، مقدار دریافت روزانه عناصر سـنگین به دسـتگاه گوارش انسـان، کمتر از اسـتاندارد ملی ایران به دست آمد. از این‌رو، در صورت مصرف متعادل این قبیل سـبزیجات تحت مطالعه، هیچ گونه اثرات مخربی بر سلامتی انسان وارد نخواهد سـاخت، در غیر اینصورت با گذشت زمان و با مصرف بیشتر این قبیل سـبزیجات آلوده، می‌تواند، سـلامتی انسان را تهدید کند و عواقب جبران ناپذیری بر زنجیره غذایی انسـان داشـته باشد. بنابراین می‌بایست، تلاش‌های متعددی از طرق گوناگون، در جهت حذف عناصر سـنگین از زنجیره غذایی انسان انجام گیـرد و برای کنتـرل آلودگـی و جلوگیری از گسـترش آن، می‌بایسـت، بررسی‌های زیسـت محیطی مستمری را در خاک و محصولات کشـاورزی منطقه اطراف کارگاه صنعتی سـرب وروی انجـام داد و سـالانه، غلظت آلاینده‌ها، بطور مسـتمر و دقیق، اندازه‌گیری شود و امکان حضور فلزات سنگین در آنها، تـا حد ممکن، کاهش داده شـود. از این رو، توصیه می‌شـود کـه در ارتبـاط با تغییر کشـت و زرع در این مناطـق آلوده و کاشـت گیاهانی با قابلیت جذب کمتر عناصر سنگین و یا عدم کاشت محصولات کشـاورزی در مناطق مذکور و یا نسبت به جابه‌جایی کارخانجات فرآوری سـرب و روی به سایر مناطق دور افتاده و غیرقابل کشـت، اقدامات و تمهیدات لازم صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

ایـن مقاله حاصل بخشـی از طـرح تحقیقاتی (شـماره طرح ۹۲/۹۸۸۶-۱۲۲۱۴۹) مصـوب مرکـز تحقیقـات و آمـوزش کشاورزی و منابع طبیعی بود، که با حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان زنجان اجرا شده است.

منابع

1. Żukowska J, Biziuk M. Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. Journal of Food Science. 2008;73(2):R21-R29.
2. Türkdoğan MK, Kilicel F, Kara K, Tuncer I, Uygan I. Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2003;13(3):175-79.
3. Wilson B, Pyatt F. Heavy metal dispersion, persistance, and bioccumulation around an ancient copper mine situated in Anglesey, UK. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2007;66(2):224-31.
4. 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. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2005;109(3):310-22.
5. Chary NS, Kamala C, Raj DSS. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2008;69(3):513-24.
6. Qishlaqi A, Moore F, Forghani G. Impact of untreated wastewater irrigation on soils and crops in Shiraz suburban area, SW Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 2008;141(1-3):257-73.
7. Torabian A, Mahjouri M. Heavy metals uptake

Archive of SID
www.SID.ir

by vegetable crops irrigated with waste water in south Tehran. Journal of Environmental Study. 2002;16(2):196-89 (in Persian).
8. Kheirabadi H, M Afyuni , M Barzin , A Soffianian , Ayoubi S. Evaluation risk assessment of heavy metal in potato and wheat consumption in the Hamadan Province. 12th Congress of Soil Science; 12-14 August; Tabriz, Iran.
9. Alam M, Snow E, Tanaka A. Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. Science of the Total Environment. 2003;308(1):83-96.
10. Damek-Poprawa M, Sawicka-Kapusta K. Damage to the liver, kidney, and testis with reference to burden of heavy metals in yellow-necked mice from areas around steelworks and zinc smelters in Poland. Toxicology. 2003;186(1):1-10.
11. Moore PD, Chapman SB. Methods in Plant Ecology. London: Blackwell Scientific Publication; 1986.
12. Golchin A, Esmailee M, Tookasi M. Sources of soil contaminants and heavy metals in crops and garden Zanjan Province. Zanjan: Management and Planning Organization of Zanjan; 2005.
13. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Food and feed-maximum limit of heavy metals, Standard No. 12968. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2010.
14. WHO. Codex Alimentarius Commission Codex Twenty-Fourth Session. Geneva: World Health Organization; 2001.
15. FAO. Codex Alimentarius Commission: Procedural Manual. 19th ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2010.
16. Chen M, Ma LQ. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils. Soil Science Society of America Journal. 2001;65(2):491-99.
17. USEPA. Integrated risk information system (IRIS). Washington DC: United States Environmental Protection Agency; 2006 [cited 2015 Jul 17]. Available from: http://www.epa.gov/iris/subst.
18. DOE. Standards for quality of soil resources and its guides. Tehran: Department of Environment, Office of Water and Soil; 2014 (in Persian).
19. Weissmannová HD, Pavlovský J, Chovanec P. Heavy metal contaminations of urban soils in Ostrava, Czech Republic: Assessment of metal pollution and using principal component analysis. International Journal of Environmental Research. 2015;9(2):683-96.
20. Alvarez E, Marcos MF, Vaamonde C, Fernández-Sanjurjo M. Heavy metals in the dump of an abandoned mine in Galicia (NW Spain) and in the spontaneously occurring vegetation. Science of the Total Environment. 2003;313(1):185-97.
21. Gu J, Liu ZX, Investigation and evaluation on heavy metal pollution of vegetable farm soils in Fuxin, China. Advanced Materials Research. 2014;955-959:3661-64.
22. Radwan MA, Salama AK. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. Food and Chemical Toxicology. 2006;44(8):1273-78.
23. Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Sarabia MI, Caro R, De Paoli T, et al. Zinc as an essential micronutrient: a review. Nutrition Research. 2000;20(5):737-55.
24. Parveen Z, Khuhro M, Rafiq N. Market basket survey for lead, cadmium, copper, chromium, nickel, and zinc in fruits and vegetables. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2003;71(6):1260-64.
25. Jorhem L, Sundström B. Levels of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, chromium, manganese, and cobalt in foods on the Swedish market, 1983–1990. Journal of Food Composition and Analysis. 1993;6(3):223-41.
26. Orish Ebere O. Evaluation of potential dietary toxicity of heavy metals of vegetables. Journal of Environmental & Analytical Toxicology. 2012;3(2):1-4.
27. Ramos I, Esteban E, Lucena JJ, Gárate An. Cadmium uptake and subcellular distribution in plants of Lactuca sp. Cd–Mn interaction. Plant Science. 2002;162(5):761-67.
28. Karavoltsos S, Sakellari A, Dimopoulos M, Dasenakis M, Scoullos M. Cadmium content in foodstuffs from the Greek market. Food Additives & Contaminants. 2002;19(10):954-62.
29. Marais AD, Blackhurst D. Do heavy metals counter the potential health benefits of wine? Journal of

Archive of SID

www.SID.ir

Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa. 2009;14(2):77-79.
30. Givianrad M, Sadeghi T, LarijaniI K, Hosseini S. Determination of cadmium and lead in lettuce, mint and leek ultivated in different sites of Southern Tehran. Journal of Food Technology and Nutrition. 2011;8(2):38-43.
31. Mehrasbi M, Sekhawatju M, Hasanalizadeh AS, Ramezanzadeh Z. Study of heavy metals in the atmospheric deposition in Zanjan, Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;2(4):240-49 (in Persian).
32. Nazemi S, Asgari A, Raei M. Survey the amount of heavy metals in cultural vegetables in suburbs of Shahroud. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;3(2):195-202 (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Availible online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Evaluation of Exposure to Heavy Metals Cu, Zn, Cd and Pb in Vegetables Grown in the Olericultures of Zanjan Province's Fields

L Tabande[1*], M Taheri[2]

[1] Master of Science, Dept. of Soil and Water, Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan province
[2] Assist. Prof., Dept. of Soil and Water, Agricultural and Natural Resources Research Center of Zanjan province

ARTICLE INFORMATIONS:

Received: 25 October, 2015
Revised: 13 January 2016
Accepted: 20 January, 2016
Published: 6 June 2016

Key words: Soil pollution, Heavy metals, Vegetables, Zanjan Province

***Corresponding Author:**
ltabande@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: The contamination of soils and plants with heavy metals is a serious and growing problem. The present study aimed to determine the concentration of heavy metals in soil and some agricultural products and the probability of risks due to their consumption.

Materials and Methods: This cross-sectional descriptive study was performed using random sampling at harvest time in 2014 on 205 samples of vegetable crops (Leek, chard, parsley, watermelon, melon, tomatoes, cucumber, potatoes, onion, garlic, radish, green peas, and broad bean) and 129 samples of soils under cultivation. Concentrations of Cu, Zn, Cd, and Pb in soil and plant samples were determined by an atomic absorption instrument and the data was analyzed using SPSS software.

Results: There were significant differences between the mean concentrations of Pb, Cu, and Zn for different vegetables ($P<0.001$), but no significant difference was observed for Cd. The highest mean levels of Pb, Cd, Cu, and Zn were detected in parsley, chard, broad bean, and leek respectively. However, there was no heavy metal pollution in the remainder of the vegetables and soil samples (with the exception of agricultural soils adjacent to the lead mine of Mahneshan area) studied. Hazard probability (HQ) of each element for cancerous diseases was less than unit and the intake of heavy metals was lower than the Provisional Tolerable Daily Intake (PTDI).

Conclusion: The results of this study indicated that major accumulation of heavy metals was obtained in leafy vegetables. Therefore, much attention should be paid to consumption of leafy vegetables, especially vegetables grown in the surrounding industrial areas.

Please cite this article as: Tabande L, Taheri M. Evaluation of exposure to heavy metals Cu, Zn, Cd and Pb in vegetables grown in the Olericultures of Zanjan Province's fields. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):41-56.

Archive of SID

www.SID.ir