مطالعات علوم محیط زیست، دوره اول، شماره سوم، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۷۷- ۶۹

بررسی آلودگی فلزات سنگین سرب و کادمیوم در برخی محصولات کشاورزی

اعظم السادات طباطبایی[۱]*، شینا انصاری [۲]، صغری اسکندری[۳]، اکرم السادات طباطبایی[٤]

۱*- نویسنده مسئول، مسئول بخش سنجش فلزات، مرکز تحقیقات، سازمان حفاظت محیط زیست taba_az@yahoo.com

۲- مدیر کل دفتر پایش فراگیر، مرکز تحقیقات، سازمان حفاظت محیط زیست a_hx_shina@yahoo.com

۳- کارشناس بخش سنجش فلزات، مرکز تحقیقات، سازمان حفاظت محیط زیست s_eskandary1356@yahoo.com

۴- استادیار میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شرق (قیام دشت) akram_tabatabaee@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۷/۲۶

چکیده

آلودگی خاک و محصولات کشاورزی به عناصر سنگین، بدلیل پیشرفت صنایع و همچنین عدم استفاده صحیح از کودهای شیمیایی و دامی در زمین های کشاورزی، باعث نگرانی های زیادی از نظر کیفیت و امنیت این محصولات و سلامت انسان شده است. تحقیق حاضر روی محصولاتی مانند کاهو، خیار، گوجه فرنگی و هویج تهیه شده از میدان تره بار مرکزی تهران – نواب، جهت تعیین غلظت فلزات کادمیم و سرب انجام شد. فلزات در نمونه ها توسط دستگاه جذب اتمی بعد از مرحله هضم آنالیز شدند. میزان کادمیوم در کلیه محصولات مورد آنالیز و همچنین سرب در محصولات گوجه فرنگی و هویج پایین تر از حد استاندارد ایران و همچنین FAO-WHO می باشد. ولی در خصوص کاهو و خیار سرب بالاتر از حد استاندارد ایران و نیز FAO-WHO در فصل تابستان است. بنابراین در این فصل اختلاف معنی داری در میزان سرب در میان محصولات کاهو و خیار با گوجه فرنگی و هویج و همچنین با بیشینه رواداری سرب در کاهو و خیار وجود داشت ($p<۰/۰۵$). ولی اختلاف معنی داری میان غلظت کادمیوم بین این محصولات وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). نتایج این تحقیق نشان میدهد که با وجود بالا بودن میزان سرب در کاهو و خیار، این محصولات دارای مقدار تخمینی جذب شده هر عنصر (EDI) کمتری نسبت به میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) که از طرف مؤسسه استاندارد ایران گزارش شده، هستند. بنابراین با توجه به پیامدهای سلامتی ممکن به دلیل مصرف سبزیجات آلوده، لازم است اقدامات مناسبی برای اجتناب از قرار گرفتن مردم در معرض مزمن آنها صورت پذیرد.

کلمات کلیدی

"فلزات سنگین"، "کادمیوم"، "سرب"، "محصولات کشاورزی"، "تهران".

۱- مقدمه

اهمیت سلامت محصولات کشاورزی و فرآورده های غذایی مهمترین شاخص بهداشت و سلامت جوامع می باشد. سلامت محصولات کشاورزی در دهه های اخیر به دلیل مصرف بی رویه انواع علف کش ها، سموم، آفت کش ها، هورمون ها مورد تهدید قرار گرفته است که منجر به تشدید مرگ و میر و کاهش متوسط عمر جمعیت انسانی دنیا با بروز انواع بیماری ها و آلودگی های زیست محیطی گردیده است. لذا استاندارد سازی فرآیند تولید تا مصرف با هدف تضمین سلامت کیفی محصولات برای مصرف کنندگان چالش بسیاری از دولت ها می باشد.

منابع اصلی فلزات سنگین معمولاً پساب های صنعتی حاصل از کارخانجات تولیدی، آب فلزکاری و معادن می باشد و سایر منابع این فلزات در آب های سطحی، فاضلاب های شهری و همچنین، آب های حاصل از شست و شوی جاده ها است (کفیل زاده، ۱۳۸۵ ,Geneva, 2003)

تأمین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد، با توجه به منابع طبیعی محدود، یکی از مباحث بسیار مهم در جهان به شمار می رود. عناصر سنگین از مهم ترین منابع آلودگی های غیرنقطه ای منابع طبیعی هستند. سالانه هزاران تن از این عناصر در مقیاس جهانی وارد سیستم خاک می شوند (Tiller, 1999) . 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 جنبه های زیست محیطی بسیار حائز اهمیت هستند. تجمع فلزات سنگین و افزایش غلظت آنها و رسیدن به محدوده خطر، می تواند از طریق ورود به زنجیره غذایی انسان، سلامتی او را مورد تهدید قرار دهد (Cui Y, 2005، نعمت اله ثانی، ۱۳۹۱ و مهاجر، ۱۳۹۳). دربین فلزات سنگین، برخی از آنها، همچون روی، مس، و کبالت در مقادیر مناسب برای بیشتر سیستمهای بیولوژیکی از جمله انسان ضروری هستند (Nielsen, 1997, Adriano DC 2001). در حالی که برخی دیگر از فلزات سنگین از جمله کادمیوم، سرب و آرسنیک برای گیاهان، حیوانات و انسان بسیار سمی هستند (Kabata, 2011, Li X, 2004). کادمیوم به عنوان یک ماده سرطا نزا در ایجاد اغلب سرطان ها شناخته شده است (Waalkes, 2003, Türkdoğan 2003). به نظر می رسد عامل اثرگذار در ایجاد بیماریهای قلبی و فشار خون باشد (Edmunds, 1996). سرب نیز با تحت تاثیر قرار دادن سیستم خونی و کلیوی، باعث ناهنجاری های متابولیکی و نقایص عصبی- فیزیکی در کودکان می شود. همچنین، گزارش شده است که چنانچه مقادیر زیادی از فلزات سنگین از جمله سرب وارد بدن مادران باردار شود، تولد نوزادان نارس و عقب ماندگی ذهنی شدید نوزادان افزایش چشمگیری خواهد داشت (Geneva, 2003, Zagrodzki, 2003)

گیاهان میتوانند بدون اینکه صدمه ای ببینند مقادیر زیادی کادمیوم را در خود جمع کنند (Alloway BJ, 1995). Alloway اظهار داشت که غلظتهای نسبتاً زیاد کادمیوم می تواند در بخشهای خوراکی گیاه تجمع یابد، بدون آنکه علایم بیماری و تاثیرگذاری در گیاه آشکار شود. تجمع کادمیوم در گیاهان می تواند پتانسیل جذب این عنصر توسط انسان را افزایش دهد و این امر در حالتی صورت می گیرد که این گیاهان جزو جیره غذایی باشند (Kabata, 2011, Radwan .Radwan, 2006) و همکاران جهت آگاهی دادن به افکار عمومی در کشور مصر به خاطر ارزیابی محصولات کشاورزی از نظر عناصر سنگین، به تجزیه و تحلیل چند نمونه از محصولات کشاورزی شامل توت فرنگی، خیار، خرما و دسته هایی از سبزیجات پرداختند. آنها با توجه به سرطانزا بودن دو عنصر کادمیوم و سرب و مفید بودن روی و مس در حد کفایت در جیره غذایی، چهار عنصر در محصولات ذکر شده را اندازه گیری نمودند. اگرچه نتایج مطالعه آنها نشان داد که سبزیجات برگی 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 فراورد ه های کشاورزی مورد آزمایش، این مقدار را کمتر از گزارش FAO و WHOدانستند.

جذب فلزات سنگین از اراضی آلوده به وسیله گیاهان و به ویژه محصولات کشاورزی یکی از مهمترین راههای ورود این عناصر به زنجیره غذایی است (Fu J, 2008 و تقی پور، ۲۰۱۳)، سالیانه حدود ۳۸۰۰۰ تن کادمیوم و تقریباً یک میلیون تن سرب 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 (Nriagu 1988) .

از آنجایی که دو فلز سنگین سرب و کادمیوم به عنوان دو عنصر سرطانزا در ایجاد انواع سرطان ها به ویژه گوارش شناخته شده(Waalkes, 2003, Türkdoğan, 2003) . لذا هدف از انجام این پژوهش، بررسی غلظت دو فلز سرب و کادمیوم در برخی از محصولات کشاورزی عرضه شده در میدان تره بار مرکزی تهران – نواب (محل عرضه کننده میوه جات و سبزیجات در سطح کل تهران) در دو فصل تابستان و زمستان می باشد.

در این تحقیق، فلزات سنگین کادمیم و سرب در محصولات کشاورزی مورد بررسی در دو فصل تابستان و زمستان قرار گرفت.

۲- روش انجام تحقیق

- **هضم نمونه‌ها**

مقدار ۱ الی ۳ گرم از نمونه های محصولات کشاورزی تازه را با ترازوی آزمایشگاهی با دقت نزدیک به ۰/۰۰۱ گرم در داخل کروزه وزن نموده و برای انجام عمل خاکستر سازی، کروزه را داخل کوره با دمای اولیه ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده، و به تدریج دمای کوره را با سرعت تغییر دمای ۵۰ درجه سلسیوس در هر ساعت، تا دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس افزایش داده و کروزه ها حداقل به مدت ۸ ساعت تا تبدیل کامل نمونه ها به خاکستر به رنگ سفید، در این دما قرار داده می شود. بعد از مرحله خاکستر سازی، کروزه ها را از داخل کوره خارج نموده و بعد از سرد شدن، نمونه ها را با حدود ۱ الی ۳ میلی لیتر آب دیونیزه مرطوب کرده و سپس مقدار ۵ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار داخل کروزه اضافه می گردد، بطوریکه تمام محتویات خاکستر داخل کروزه، به اسید اضافه شده، آغشته گردد. سپس با قرار دادن کروزه ها روی حمام شنی یا هیتر و با قرار دادن شیشه ساعت روی آنها اجازه می دهیم نمونه ها به مدت ۱ الی ۲ ساعت در دمای۷۰ درجه سانتیگراد به این حالت باقی بمانند تا اسید اضافه شده تبخیر گردد. سپس با میله شیشه ای، محلول داخل کروزه را هم زده تا محتویات داخل کروزه کاملا در اسید حل شوند. حال محلول بدست آمده را به دقت به بالن حجمی منتقل نموده و نهایتا با آب دیونیزه به حجم ml ۱۰۰ رسانده می شوند که در این مرحله نمونه آماده تزریق به دستگاه می‌باشد. اندازه‌گیری فلزات Cd و Pb در نمونه های محصولات کشاورزی و شاهد بعد از مرحله آماده سازی، توسط دستگاه جذب اتمی Varian 240 در طول موج های مخصوص به هر فلز و لامپ مربوطه (کادمیوم در ۲۲۸/۸ نانومتر و سرب در ۲۱۷ نانومتر) انجام گردید. پس از اخذ داده‌های میزان غلظت فلزات در محلول حاصل از هضم توسط دستگاه جذب اتمی، غلظت فلزات در نمونه های فوق از رابطه ذیل محاسبه گردید که نتایج در جداول ۱و ۲ قابل مشاهده می‌باشد.

رابطه ۱:

$$C = \frac{Gs \times V}{W}$$

C= غلظت فلز در نمونه های محصولات کشاورزی (mg/kg)، Gs= غلظت فلز در محلول فلزی حاصل از هضم (mg/l)، V= حجم رقت (۱۰۰ ml)، W = وزن نمونه های فوق (gr)

همچنین با توجه به نتایج بدست آمده، میتوان میزان ورود فلزات سنگین را به بدن هر انسان اندازه گیری کرد. برای این منظور میبایستی مقدار تخمینی جذب شده هر عنصر (EDI) برای هر محصول با توجه به مقدار مصرف آن محصول مشخص گردد.

EDI از رابطه زیر بدست میآید:

رابطه ۲:

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

که در این رابطه، C میزان غلظت هر فلز سنگین در محصولات بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم، Cons میزان مصرف روزانه آن محصول توسط افراد بر حسب گرم که در ایران این میزان بر اساس آمار موسسه استاندارد گزارش شده است و Bw وزن متوسط بدن یک فرد بزرگسال که ۶۰ kg در نظر گرفته می شود. در جدول ۳ میزان EDI بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم برای هر محصول محاسبه و ارائه شده است (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران).

۳- نتایج

نتایج اندازه گیری غلظت سرب و کادمیوم در محصولات خریداری شده به صورت میانگین غلظت در جدو ل ۱ و ۲ بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم ارایه شده است.

با توجه به نتایج جدول ۱ میانگین سرب در میان چهار محصول متفاوت بود و میزان سرب در محصولات کاهو و خیار در فصل تابستان بالاتر از حد استاندارد ارایه شده توسط ایران و

FAO-WHO است. به طوریکه در این فصل اختلاف میان غلظت سرب در کاهو و خیار با غلظت سرب در گوجه فرنگی و هویج و همچنین با بیشینه رواداری سرب در کاهو و خیار معنی دار بود ($p<۰/۰۵$).

همانطور که در جدول شماره ۲ قابل مشاهده است میزان کادمیوم در کلیه محصولات مورد آنالیز در فصول تابستان و زمستان پایین تر از حد استاندارد ارایه شده توسط ایران و FAO-WHO است. به طوریکه اختلاف میان غلظت کادمیوم بین این محصولات و همچنین با بیشینه رواداری کادمیوم معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$).

همچنین با توجه به نتایج بدست آمده، می توان میزان ورود فلزات سنگین به بدن هر انسان را انداز ه گیری نمود. طبق آمار مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) فلزات سرب و کادمیوم به ترتیب برابر ۰/۰۰۳۶و ۰/۰۰۱ mg/Kg وزن بدن است. برای این منظور میبایستی مقدار تخمینی جذب شده 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 مصرف کنندگان آن محصول، وجود ندارد در غیر این صورت آن محصول برای سلامتی خطرناک است (جدول ۳).

بر اساس گزارش نشریه مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره ۱۲۹۶۸ (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)، بیشینه رواداری دو فلز سنگین سرب و کادمیوم به تفکیک برای هر محصول در جدولهای ۱ و ۲ آورده شده است (تقی پور، ۲۰۱۳و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران). منظور از بیشینه رواداری فلز سنگین، بیشترین مقداری از فلزات سنگین موجود در خوراک انسان و دام است که مصرف آن در کوتاه مدت یا درازمدت، سبب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسان نشود. کنترل بیشینه رواداری فلزات سنگین در مواد غذایی یکی از مواردی است که برای حفظ سلامت مصرف کنندگان مواد غذایی و رسیدن به ایمنی غذایی مناسب، باید مورد توجه قرار گیرد. با توجه به عوارض جبران ناپذیر حاد و مزمن فلزات سنگین در بدن انسان که از تأثیر بر سیستم عصبی تا سرطانزایی طبقه بندی میشوند، موجب شده تا حساسیت و اهمیت این موضوع دو چندان شود (موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران).

– سرب: بر اساس نتایج جدول ۱، دو محصول انتخابی کاهو و خیار در فصل تابستان دارای غلظتی بیشتر از بیشینه رواداری سرب در محصولات می باشند. به گونه ای که کاهو و خیار به ترتیب در حدود ۵/۲۵ و ۵/۴ مرتبه بیشتر از حد مجاز بیشینه رواداری فلز سرب طبق استاندارد ایران (بیشینه رواداری سرب برای کاهو mg/kg ۰/۲و برای خیار mg/kg۰/۱) در این فصل در خود ذخیره کرده اند. بیشینه مقدار سرب در محصولات کشاورزی طبق توصیه FAO-WHO، ۰/۳ است (تقی پور، ۲۰۱۳، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، Codex, 1995, Codex, 2001). بر این اساس اگر بخواهیم مقایسه ای با میزان غلظت سرب در محصولات مطالعه حاضر با مقدار مجاز توصیه شده توسط FAO-WHO داشته باشیم، کاهو و خیار به ترتیب۳/۵ و ۱/۸ مرتبه بیشتر از این حد مجاز سرب در این فصل در خود ذخیره کرده اند. لذا در هر دو محصول درفصل تابستان، مقدار سرب بیشتر از حد هر دو استاندارد ذکر شده است. در مورد خطر این محصولات بر روی سلامت بایستی به مقدار EDI برآورد شده در جدول ۳ توجه کرد. بر اساس نتایج بدست آمده از این جدول برای هر دو محصول کاهو و خیار مقدار EDI آنها کمتر از مقدار PTDI بدست آمد. همچنین، برای سایر محصولات از آنجایی که مقدار EDI کمتر از مقدار PTDI است لذا خطری متوجه مصرف کنندگان این محصولات نیست (Song B, 2009).

جدول ۱- میانگین غلظت سرب و بیشینه رواداری این فلز بر حسب نوع محصول (mg/kg)

نوع محصول	غلظت سرب		بیشینه رواداری سرب (استاندارد ایران)	بیشینه رواداری سرب FAO-WHO	بیشینه رواداری سرب استاندارد اروپا وزن تر
	تابستان	زمستان			
کاهو	۱/۰۵	۰/۰۰۷	۰/۲	۰/۳	۰/۳
خیار	۰/۵۴	۰/۰۰۱	۰/۱	۰/۳	۰/۱
گوجه فرنگی	۰/۰۴	۰/۰۰۰۳	۰/۱	۰/۳	۰/۱
هویج	۰/۰۵	۰/۰۰۷	۰/۱	۰/۳	۰/۱

جدول ۲ - میانگین غلظت کادمیوم و بیشینه رواداری این فلز بر حسب نوع محصول (mg/kg)

نوع محصول	غلظت کادمیوم		بیشینه رواداری کادمیوم (استاندارد ایران)	بیشینه رواداری کادمیوم FAO-WHO	بیشینه رواداری کادمیوم استاندارد اروپا وزن تر
	تابستان	زمستان			
کاهو	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۱	۰/۱	۰/۲
خیار	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵
گوجه فرنگی	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵
هویج	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱

جدول ۳- مقادیر EDI فلزات سرب و کادمیوم برای هر محصول (mg/kg)

نوع محصول	سرب		کادمیوم		مقدار مصرف در روز(Cons) (gr)
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	
کاهو	۱×۱۰^{-۳}	$۰/۰۰۶\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۳\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۳\times۱۰^{-۳}$	۵۸
خیار	$۰/۹\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۲\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۱\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۰۵\times۱۰^{-۳}$	۱۰۹
گوجه فرنگی	$۰/۰۷۲\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۰۵\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۵\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۵\times۱۰^{-۳}$	۱۰۹
هویج	$۰/۰۳\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۴\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۰۶\times۱۰^{-۳}$	$۰/۰۰۴\times۱۰^{-۳}$	۳۹
میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی(mg/Kg)	$۳/۶\times۱۰^{-۳}$	$۳/۶\times۱۰^{-۳}$	۱×۱۰^{-۳}	۱×۱۰^{-۳}	–

نزدیکی اراضی کشاورزی به کارخانجاتی همچون ذوب آهن، سیمان و معدن سرب و همچنین وجود احتمالی سرب زیاد در هوای این مناطق به دلیل وجود کارخانجات ذکر شده و تردد وسایل نقلیه، و فرونشست این فلزات از هوا بر گیاهان می تواند از دلایل عمده تجمع سرب در محصولات باشد. استفاده از کودهای شیمیایی نیز از آنجایی که در هر کیلوگرم کود شیمیایی به طور متوسط به صورت ناخالصی ۰/۰۰۰۸ تا ۰/۹۳ میلی گرم سرب به خاک اضافه می گردد خود می تواند یکی دیگر از دلایل وجود سرب در محصولات یک منطقه باشد (بزرگترین وبلاگ مقاله کشاورزی ایران، ۱۳۸۸، Wang, 2004. Sharma و همکاران (Sharma, 2008) به بررسی غلظت عناصر سنگین ناشی از فرونشست جوی از هوا و جذب آنها توسط سبزیجات در منطقه وارناسی هند پرداختند . آنها با خریداری کردن این سبزیجات از سوپرمارکت ها و تعیین غلظت این عناصر به این نتیجه رسیدند که هر دو عنصر سرب و کادمیوم برای سلامت جمعیت مورد مصرف این نوع سبزیجات خطرناک است. همچنین بیان کردند که این خطر برای گل کلم Brassica (oleracea) به خاطر تجمع سرب در آن نیز وجود دارد. آنها چنین بیان نمودند که فرونشست جوی می تواند در افزایش عناصر سنگین در گیاهان مؤثر باشد و این موضوع می تواند دارای پتانسیل خطر بالایی برای سلامت افراد مصرف کننده این نوع سبزیجات داشته باشد. مقایسه غلظت سرب در محصولات مورد مطالعه حاضر در فصل تابستان با نتایج این تحقیقات نشان می دهد که غلظت سرب در محصولات این پژوهش در فصل تابستان نیز مانند غلظت سرب در سبزیجات مورد مطالعه در این تحقیقات بالا بوده است که دلیل آن می تواند به خاطر آلودگی بیشتر هوا و جذب اتمسفری سرب توسط محصولات این منطقه باشد.

– کادمیوم: بر اساس نتایج جدول۲، چهار محصول مورد مطالعه در دو فصل تابستان و زمستان از لحاظ کادمیوم دارای غلظتی کمتر از بیشینه رواداری کادمیوم می باشند که توسط مؤسسه استاندارد ملی ایران و FAO-WHO گزارش شده است. طبق مؤسسه استاندارد ملی ایران بیشینه رواداری کادمیوم برای خیار، گوجه فرنگی و هویج mg/kg ۰/۰۵ و برای کاهو mg/kg۰/۱ و طبق توصیه FAO-WHO بیشینه مقدار کادمیوم در محصولات کشاورزی ۰/۱ است (Codex, 1995, Codex, 2001). البته ذکر این نکته ضروری است که کادمیوم از آنجایی که به صورت تجمعی در بدن باقی می ماند بایستی مقدار آن در محصولات با مدیریت مناسب کنترل شود. مقادیر بدست آمده EDI برای محصولات در این تحقیق نسبت به نتایج Bo و همکاران[۲۴] (Song, 2009), کمتر بود. به نظر می رسد یکی از دلایل اصلی آلودگی محصولات به کادمیوم به علت استفاده بیش از اندازه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای فسفاته باشد. چرا که این نوع کودها گاهی mg/kg۰/۰۰۰۵ تا ۰/۵ در خود کادمیوم به صورت ناخالصی دارند که این مقدار وارد خاک شده و می تواند به مرور زمان جذب گیاهان گردد (Wang, 2004). در این رابطه، آموزش کشاورزان برای جلوگیری از مصرف بیش از اندازه کود و مدیریت بهتر اراضی توصیه می گردد. در مطالعه گیویان راد و همکاران (گیویان راد، ۱۳۹۰) مقدار حداکثر سرب و کادمیوم کاهو در اراضی کشاورزی جنوب تهران به ترتیب mg/kg ۰/۱۴و ۰/۱۶ وزن خشک بدست آمد که مقدار کادمیوم بیشتر از نتایج تحقیق حاضر است. یکی از دلایل وجود کادمیوم زیاد در محصولات آنها نسبت به کادمیوم محصولات این تحقیق طبق نظر آنها وجود کادمیوم در اتمسفر آن منطقه و جذب از طریق فرونشست جوی است. مقایسه نتایج مطالعه حاضر با نتایج Sharmaو همکاران (Sharma, 2008) نشان میدهد که غلظت کادمیوم در همه محصولات این مطالعه کمتر از غلظت کادمیوم در محصولاتی بوده است که توسط Sharma و همکاران مورد آزمایش قرار گرفته است.

همچنین مقدار کادمیوم جذب شده توسط گیاهان بستگی به مقدار کل کادمیوم موجود در خاک و قابلیت جذب این عنصر در خاک دارد (Alloway 1995). نوع گیاه نیز در میزان جذب تأثیر قابل توجهی دارد. Davis و همکارش (Davis, 1980) نشان دادند که کاهو، اسفناج، کرفس و کلم تمایل به تجمع مقادیر زیادی کادمیوم در خود دارند در حالیکه سیب

زمینی، ذرت، لوبیا و نخود فقط مقدار کمی کادمیوم در خود جمع می کنند. ترابیان و همکارش (ترابیان، ۱۳۸۱) بیان کردند که برخی گیاهان مثل یونجه، کادمیوم را در ریشه پخش می کنند و برخی دیگر مانند کاهو در برگها توزیع می کنند. ناظمی و همکاران (ناظمی، ۱۳۸۹) در بررسی وضعیت فلزات سنگین در خاک، آب و گیاهان اراضی سبزیکاری در شاهرود به این نتیجه رسیدند که میزان غلظت کروم، کادمیوم و سرب در انواع سبزیجات بالاتر از مقدار معمول آن است .آنها این آلودگی را به دلیل وجود پسابهای شهری و صنعتی در منطقه دانستند. گیویان راد و همکاران (گیویان راد، ۱۳۹۰) با هدف بررسی فلزات سنگین کادمیوم و سرب در سبزی های خوراکی کشت شده در اراضی مختلف جنوب تهران به این نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار سرب و کادمیوم در سبزی تره دیده می شود. مقدار سرب و کادمیوم نمونه تره به ترتیب ۰/۱۴ mg/kg و ۰/۱۵ وزن خشک بدست آمد. آنها وجود مقادیر متفاوت و بیشتر از حد مجاز این دو عنصر را در سبزی ها مربوط به عوامل محیطی مختلف از جمله آب آلوده در کشاورزی بیان کردند.

تجمع و جذب فلزات سنگین در گیاهان دلایل مختلفی می تواند داشته باشد که از مهم ترین آنها می توان به خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک، دما، رطوبت، فرونشست جوی این فلزات، مقدار این فلزات در خاک، وجود پساب های شهری و صنعتی، مصرف بیش از اندازه کود و مرحله رشد گیاهان هنگام برداشت اشاره نمود (Sharma, 2008). McBride (McBride, 2003) دریافت که افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک منجر به افزایش جذب این فلزات توسط گیاهان می شود. Voutsa و همکاران (Voutsa, 1996) گزارش کردند که غلظت بالای فلزات سنگین کادمیوم، سرب و کروم در سبزیجات برگی به دلیل فرونشست این فلزات در جو است که باعث جذب این فلزات در گیاهان می شود.

٤- نتیجه‌گیری

به نظر می رسد نزدیکی اراضی کشاورزی مناطق کاشت محصولات کشاورزی به کارخانجاتی همچون ذوب آهن، سیمان و معدن سرب، و ... و همچنین فرونشست سرب و کادمیوم از هوا بر روی گیاهان و استفاده از کودهای شیمیایی از دلایل اصلی تجمع این دو فلز سنگین در محصولات کشاورزی باشد . با توجه به نتایج بدست آمده، اگرچه برخی محصولات نمونه برداری شده در این تحقیق دارای فلز سنگین سرب بیشتر از حد مجاز و استاندارد هستند لیکن با برآورد مقدار EDI آن محصول، برای هیچکدام خطری متوجه مصرف کنندگان نمی باشد .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 .لذا پیشنهاد می شود جهت رسیدن به امنیت غذایی و سلامت شهروندان، در تحقیق جامع تری از سایر محصولات و همچنین از خاک، آب و گرد و غبار مناطق کشت و تهیه این محصولات نمونه برداری انجام گیرد و از نظر میزان غلظت فلزات سنگین مورد ارزیابی قرار گیرند .آموزش کشاورزان در استفاده صحیح و به مقدار مورد نیاز کودهای شیمیایی و جایگزین کردن این گونه کودها با کودهای آلی می تواند از آلوده شدن خاک و گیاهان منطقه جلوگیری نماید.

۵- منابع

- بزرگترین وبلاگ مقاله کشاورزی ایران(www.ake.blogfa.com)، (۱۳۸۸)، "تلفات پس از برداشت میوه و سبزی در ایران و مقایسه آن با دیگر کشورهای آسیایی و راه های کاهش آن ".
- ترابیان، علی و مهجوری، مریم، (۱۳۸۱)، "بررسی اثر آبیاری با فاضلاب روی جذب فلزات سنگین بوسیله سبزیهای برگی جنوب تهران"، مجله علوم خاک و آب، دوره ۱۶، شماره ۲، از صفحه ۱۸۹ تا ۱۹۶.
- تقی پور، حسن و مسافری، محمد، (۲۰۱۳)، "فلزات سنگین در سبزیجات جمع آوری شده از سایت های صنعتی "، مجله سلامت، دوره ۳، شماره ۲، از صفحه ۸۵ تا ۱۹۳.
- کفیل زاده، فرشید، کارگر، محمد و کدیور، الهام، (۱۳۸۵)، *"بررسی غلظت کادمیم، روی، مس، آهن و نیکل در رودخانه خشک شیراز و برخی محصولات کشاورزی مجاور"* ، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۸، شماره ۴.
- گیویان راد، محمد هادی، صادقی، طاهره، لاریجانی، کامبیز و حسینی، ابراهیم، (۱۳۹۰)، "تعیین فلزات سنگین کادمیوم و سرب در سبزی های خوراکی کاهو, نعناع و تره کشت شده در اراضی مختلف جنب تهران "، مجله علوم غذایی و تغذیه، سال هشتم شماره ۲، از صفحه ۳۷ تا ۴۴.
- مهاجر، رضا، صالحی، محمد حسن و محمدی، جهانگرد ، (۱۳۹۳)، "بررسی غلظت سرب و کادمیم در محصولات کشاورزی (کاهو، کلم، پیاز و چغندر) استان اصفهان "، مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه علمی پژوهشی، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، دوره ۷، شماره ۱، از صفحه ۱ تا ۱۰.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، "خوراک انسان- دام- بیشینه رواداری فلزات سنگین "، استاندارد ملی ایران ۱۲۹۶۸، چاپ اول
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، "مواد غذایی- اندازه گیری مقدار سرب، کادمیم، مس، آهن و روی - روش طیف سنجی نوری جذب اتمی "، استاندارد ملی ایران ۹۲۶۶، چاپ اول
- ناظمی، سعید، عسگری، علیرضا و راعی، مهدی، (۱۳۸۹)، "بررسی مقدار فلزات سنگین در سبزیجات پرورشی حومه شهر شاهرود"، مجله سلامت و محیط، دوره ۳، شماره ۲، از صفحه ۱۹۵ تا ۲۰۲.
- نعمت اله ثانی، رضا، حسن پور، ابوالقاسم و ابوطالبی، عبدالحسین، (۱۳۹۱)، "غلظت ازت و فلزات سنگین(سرب، مس، کادمیوم) در سبزیجات برگی در شرایط کشت بدون خاک "، وبلاگ مهندسی کشاورزی (کشت های گوناگون).
- Adriano DC., (2001), ''Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals'', 2nd ed. New York: Springer.
- Alloway BJ., (1995), ''Heavy Metals in Soils'', 2nd ed. Glasgow: Blackie Academic and Professional.
- Codex Alimentarius Commission (FAO/WHO), (2001), ''Food additives and contaminants'',Geneva: Joint FAO/WHO Food Standards Program.
- Codex Alimentarius Commission., (1995), ''Position paper on cadmium'', Geneva: FAO/WHO.
- 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'', 31(6):784-90.
- Davis RD, Smith C., (1980), ''Crops as indicators of the significance of contamination of soil by heavy metals'', UK: Water Research Centre Stevenage.
- Edmunds WM, Smedley PL., (1996), ''Environmental Geochemistry and Health'', London: Geological Society.
- Fu J, Zhou Q, Liu J, Liu W, Wang T, Zhang Q, et al., (2008), ''High levels of heavy metals in rice (Oryza sativaL.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health'', Chemosphere, 71(7):1269–75.

- Geneva., (2003), ‘‘World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking Water Quality’’. 3rd ed. World Health Organization.
- Kabata-Pendias A., (2011), ‘‘Trace Elements in Soils and Plants’’, 4th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Li X, Lee SL, Wong SC, Shi W, Thornton I., (2004), ‘‘The study of metal contamination in urban soils of Hong Kong using a GIS-based approach. Environmental Pollution’’, 129(1):113-24.
- McBride, MB., (2003), ‘‘Toxic metals in sewage sludgeamended soils: has promotion of beneficial use discounted the risks?’’, Advances in Environment Research., 8(1):5-19.
- Nielsen FH. Nutrition., (1997), ‘‘Trace elements. In: Dulbecco R, editor. Encyclopedia of human biology. SanDiego’’, Academic Press., p. 373-83.
- Nriagu JO, Pacyna JM., (1988), ‘‘Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals’’, Nature, 333:134-39.
- Radwan MA, Salama AK., (2006), ‘‘Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables’’, Food and Chemical oxicology, 44(8):1273-78.
- Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM., (2008), ‘‘Heavy metal (Cu, Zn, Cd and Pb) contamination of vegetables in urban India: a case study in Varanasi’’, Environmental Pollution, 154(2):254-63.
- Song B, Lei M, ChenT,ZhengY,Xie Y, Li X, et al., (2009), ‘‘Assessing the health risk of heavy metals in vegetables to the eneral population in Beijing, China’’, Jour nal of Environmental Sciences, 21(12):1702- 09.
- Tiller KG, Mclaughlin MJ, Roberts AHC., (1999), ‘‘Environmental impacts of heavy metals in agroecosystems and amelioration strategies in Oceana. In: Huang PM, Iskander IK, editors. Soils and groundwater pollution and remediation. Boca Raton, Florida’’, CRC Press., p. 1-35.
- Türkdoğan MK, 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’’, 13(3):175-79.
- 30 Voutsa D, Grimanis A, Samara C., (1996), ‘‘Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter. Environmental Pollution’’., 94(3):325-35.
- Waalkes M.P., (2003), ‘‘Review cadmium carcinogenesis Mutation Research’’, 533:107–20.
- Wang QC, Ma ZW., (2004), ‘‘Heavy metals in chemical fertilizer and environmental risks’’, Rural Eco-Environment, 20(2):62–64 (in Chineese).
- Zagrodzki P, Zamorska L, Borowski P., (2003), ‘‘Metal (Cu, Zn, Fe, Pb) concentrations in human placentas’’, Central European Journal of Public Health, 11(4):11-18.