

ارزیابی آلودگی و ارتباط بین غلظت فلزات سنگین در خاک و

سبزیجات برگی استان زنجان

لیلا تابنده¹ و مهدی طاهری

کارشناس ارشد بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان؛ ltabande@yahoo.com

استادیار بخش خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان؛ taheritekab@yahoo.com

دریافت: 94/6/4 و پذیرش: 94/12/24

چکیده

استفاده از فاضلاب شهری برای چندین سال گذشته در نواحی مشخص (اطراف راه آهن) و مجاورت مزارع، به کارخانه-جات فرآوری سرب و روی، منجر به تجمع فلزات سنگین در خاک و سبزیجات شده است. در این تحقیق، غلظت فلزات سنگین (مس، روی، کادمیم و سرب) در بعضی از سبزیجات (گشنیز، ریحان، شوید، نعناع، مرزه، تره، برگ چغندر، شنبلیله و جعفری) در 6 منطقه شهر زنجان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که، بیشترین غلظت فلزات سنگین در نمونه خاک‌های تحت آبیاری با فاضلاب بوده که از اطراف راه آهن جمع‌آوری شدند. از بین فلزات سنگین، حداکثر غلظت مس گیاهی، در مزارع آبیاری با فاضلاب بودند. غلظت کادمیم، روی و سرب در همه سبزیجات مورد مطالعه، بالاتر از محدوده ایمن برای مصرف انسان بود. بیشترین آلودگی کادمیم و روی در نمونه های مرزه (به ترتیب، 1/8 و 157/3 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) و برای سرب و مس در سبزی نعناع (به ترتیب، 7/5 و 18/3 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک) به دست آمد که برای مصرف انسان، بالاتر از محدوده قابل قبول استاندارد ملی ایران بودند. میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی برای کادمیم و سرب، کمتر از استاندارد ملی ایران بود. بنابراین، استفاده طولانی مدت و مصرف بالای سبزیجات (بیشتر از 0/058 کیلوگرم روزانه) در استان زنجان، می‌تواند عواقب خطرناکی بر سلامتی انسان داشته باشد. از طرفی، تنها، غلظت مس خاک، همبستگی مثبت معنی‌دار با غلظت مس سبزیجات نعناع و ریحان نشان داد. بنابراین با توجه به آلودگی سبزیجات مزارع مجاور به کارخانه سرب و روی، می‌توان چنین استنباط کرد که، منبع اصلی تجمع فلزات سنگین در سبزیجات برگی، آلودگی جوی حاصل از مجاورت به کارخانه صنعتی (سرب و روی) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سبزیجات آلوده، خاک آلوده، کادمیم، سرب، مس، روی

¹ نویسنده مسئول، آدرس: زنجان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی، بخش تحقیقات خاک و آب

اختلال فعالیت‌های بیولوژیکی و متابولیسمی پروتئین (آنزیم) می‌شود (رومهلد و مارشنر، 1991).

سبزی‌ها از اجزای مهم رژیم غذایی سالم بوده و سرشار از کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و عناصر معدنی می‌باشند. شواهد، حاکی از آن است که مصرف سبزی سالم و بهداشتی می‌تواند، مانع از بروز بیماریهای قلبی و برخی از انواع سرطان‌ها به خصوص سرطان گوارش گردد. از طرفی، به دلیل وجود برخی تفاوت‌ها در شرایط اقلیمی، گیاهی و کیفیت خاک، تنها تکیه کردن بر بکارگیری دستورالعمل‌های ارائه شده در دیگر مناطق جهان، اشتباه بوده و در درازمدت، صدمات جبران‌ناپذیری بر منابع خاکی و آبی وارد می‌سازد (داستان، 1987). بنابراین، دستیابی به تصویر کلی از میزان تجمع فلزات سنگین در اراضی زراعی تحت کشت سبزیجات، از اولویت و اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد، تا بتوان، با بررسی و تعیین غلظت عناصر سنگین در مزارع تحت کشت سبزی، برآورد دقیق‌تری از وضعیت آلودگی سبزیجات برگی در سطح استان زنجان صورت گیرد و در نهایت، در صورت وجود آلودگی در محصولات تولیدی، منشأ اصلی آلودگی مشخص شود. بنابراین در این تحقیق، سعی بر آن است که اهداف زیر مورد بررسی قرار گیرد:

- 1- تعیین غلظت کل و قابل جذب عناصر مس، روی، کادمیم و سرب در خاک‌های تحت کشت سبزیجات و مقایسه با استاندارد ملی ایران.
- 2- تعیین غلظت عناصر مس، روی، کادمیم و سرب در 8 نوع سبزی برگی و مقایسه با استاندارد ملی ایران.
- 3- مقایسه میانگین بین غلظت عناصر مذکور در انواع سبزیجات و خاک‌های مورد مطالعه و تعیین فاکتور انتقال عناصر سنگین از خاک به گیاه.
- 4- تعیین میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی¹ (PTDI) عناصر سنگین و مقایسه با حد استاندارد ملی ایران.
- 5- بررسی همبستگی بین غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت غلظت عناصر سنگین در خاک و گیاه، طی سال زراعی 1392 نمونه‌برداری از مزارع عمده سبزی‌کاری در سطح استان زنجان انجام شد. مزارع مورد بررسی، در روستاهای کوشکن، اژدهاتو، دیزج

عناصر سنگین، از آلاینده‌های خطرناک محیطی برای سلامتی بشر و محیط زیست محسوب می‌شوند. این عناصر می‌توانند بر روی کیفیت خاک‌های کشاورزی اثرگذار بوده و علاوه بر سمی بودن، می‌توانند از طریق جذب توسط گیاهان، وارد رژیم غذایی بشر شده و باعث بروز مشکلاتی در بدن انسان شوند. همچنین، به دلیل عدم تجزیه و تخریب، از آلاینده‌های پایدار و بادوام محیط زیست به شمار می‌آیند. بنابراین، همواره سعی می‌شود برای مقدار مصرف این گونه مواد سمی، حد و مرزی قایل شوند و مسلماً این مقدار مرزی، برای هر یک از گیاهان و انواع خاک‌ها متفاوت می‌باشد (کب و همکاران، 2000). میزان فلزات سنگین در کنسانتره مصرفی و ضایعات بعضی از صنایع شیمیایی استان زنجان، نشان می‌دهد که، این مواد، حاوی مقدار قابل ملاحظه‌ای از فلزات سنگین اعم از عناصر سرب، کادمیم و روی هستند که در صورت جایجایی توسط باد یا آب، می‌توانند باعث آلودگی آب، خاک و هوا گردند و عناصری که از خاک وارد اندام‌های گیاهی و جانوری می‌شوند، قادرند وارد چرخه غذایی انسان شده و از این طریق، سلامتی انسان و دام را تحت الشعاع قرار دهند (گلچین و همکاران، 2005).

مس، عنصر ضروری برای گیاه می‌باشد و به عنوان یک آنتی اکسیدان، با خارج کردن رادیکال‌های آزاد به بدن کمک می‌کند. این عنصر، از آسیب ساختمان سلولی جلوگیری می‌کند و نقش مهمی در تشکیل استخوان و معدنی شدن آن به عهده دارد (سالاما و رادوان، 2005). روی، به عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها بکار می‌رود و یا به صورت کوفاکتورهای تنظیم کننده در تعداد زیادی از آنزیم‌ها عمل می‌نماید. تحقیقات محققان نشان داده است که، روی، حداقل در ساختمان چند آنزیم بکار رفته است: از جمله کربنیک آنهیدراز، الکل دهیدروژناز، سوپراکسید آنهیدراز، الکل دهیدروژناز، سوپراکسید Cu-Zn دیسموتاز و پلی مرز. آنزیم‌های دیگری نیز شناخته شده‌اند که برای فعال شدن به Zn نیاز دارند که مهم‌ترین آنها، الکل دی‌هیدروژناز، آلدولاز، ایزومراز، ترانس فسفوریلاز، RNA و DNA پلی‌مرز می‌باشد (رومهلد و مارشنر، 1991). کادمیم یکی از فلزات سنگین است که افزایش غلظت آن در محیط ریشه گیاه، سبب بروز اختلالات متابولیسمی در گیاه می‌گردد و در کلیه انسان‌ها انباشته شده و وظایف آنها را مختل می‌کند. عنصر سرب با وجود اینکه هیچ نقش بیولوژیکی در تغذیه انسان، حیوان و میکروارگانیسم‌ها ندارد، ولی با جذب و پیوند این عنصر با گروه سولفیدریل پروتئین‌ها، منجر به

¹ Provisional Tolerable Daily Intake

روی، کادمیم و سرب به ترتیب در طول موج‌های 324/7، 213/9، 228/8 و 217 نانومتر بود و عرض شکاف برای مس و روی (0/5)، سرب (1) و کادمیم (0/5) نانومتر تنظیم شده است. به منظور برآورد غلظت عناصر براساس وزن تر، می‌بایست ماده خشک هر نوع سبزی را به‌دست آورد. بدین منظور از هر نوع سبزی تازه در سه تکرار، مقداری برداشته و پس از توزین در آون در دمای 105 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت گذاشته شد و بدین ترتیب، ماده خشک هر گیاه به تفکیک به‌دست‌آمد. از پارامترهای مورد بررسی، فاکتور انتقال می‌باشد، که از تقسیم غلظت عنصر مورد نظر در قسمت خوراکی گیاه بر غلظت همان عنصر در خاک به‌دست آمده است. فاکتور ترابری (انتقال)، الگویی جهت قابلیت دسترسی نسبی عناصر از خاک به گیاه می‌باشد که در واقع به نوعی، بیانگر پتانسیل فلزات سرب، کادمیم، مس و روی جهت انتقال به زنجیره غذایی انسان و دام می‌باشد. بررسی وضعیت تجمع این عناصر در گیاهان مختلف، می‌تواند، نشان از روند ناهمگون جذب و انتقال این عناصر، به اندام‌های اقتصادی گیاه باشد که در محصولات کشاورزی متفاوت، از روند یکسانی پیروی نمی‌کنند (الووی و همکاران، 1988). لازم به ذکر است که حد تشخیص دستگاه¹ (LOD) بر حسب میلی‌گرم در لیتر، برای هر یک از عناصر سنگین مس، روی، کادمیم و سرب به ترتیب برابر با 0/027، 0/0084/14 و 0/04 به‌دست آمد.

همچنین، درصد انحراف استاندارد نسبی² (%RSD) برای هر یک از فلزات جهت ارزیابی دقت و تکرارپذیری روش نیز محاسبه گردید که برای عناصر سنگین مس، روی، کادمیم و سرب به ترتیب برابر با 1/4، 2/3، 0/85 و 1/6 به‌دست آمد. از آنجا که، درجه سمیت عناصر سنگین برای انسان وابسته به مقدار مصرف روزانه بوده و اثرات زیانبار خود را در دراز مدت پس از چندین سال نشان خواهد داد. لذا بررسی و نمایش وضعیت فلزات سنگین در منطقه مطالعاتی و در زنجیره غذایی انسان بسیار مهم و ضروری می‌باشد (اوريساکوی و همکاران، 2012). بیشینه نظری میزان دریافت روزانه ملی³ (NIMDI) برای تخمین بیشینه رواداری فلزات سنگین استفاده شده است که بر طبق معادله مندرج محاسبه گردید (کوی و همکاران، 2004). (3) $NTMDI = \sum ML1 \times F1$

بالا و قسمت جنوبی شهر زنجان (اطراف راه‌آهن) واقع شده‌اند (شکل 1).

سبزیجات برگی مورد بررسی از قبیل: تره جعفری *Allium cepa L.*، *Petroselinum crispum*، ریحان *Ocimum basilicum*، مرزه *Satureia hortensis*، شنبليله *Trigonella foenum-graecum*، برگ‌چغندر *vulgaris subsp*، شوید *Anethum graveolens* و نعناع *Mentha Piperita* بودند. نمونه‌برداری برای هر گیاه، از 6 مزرعه با شرایط مدیریت زراعی یکسان و از مناطق عمده سبزی‌کاری استان و به صورت کاملاً تصادفی، صورت گرفت. جهت جلوگیری از هدر رفتن رطوبت گیاهان، پس از زدن بر چسب، در داخل نایلون‌های پلی-اتیلن 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 60 الی 65 درجه سانتی‌گراد خشک و با آسیاب برقی پودر شدند. سپس یک گرم از نمونه‌های گیاه را به صورت مجزا، داخل ظروف 100 میلی‌لیتری ریخته و 15 میلی‌لیتر از مخلوط سه اسید (اسیدنیتریک با درجه خلوص 70%، اسید پرکلریدریک 65% و اسید سولفوریک 70%) به نسبت 1:1:5 اضافه شد. سپس مخلوط‌ها در دمای 80 درجه سانتی‌گراد هضم شده تا اینکه محلول شفافی به‌دست آمد و با استفاده از آب مقطر به حجم 50 میلی‌لیتر رسانده و محلول‌ها، جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین آماده شدند (الن و همکاران، 1986).

نمونه برداری خاک از مزارع سبزی‌کاری و از عمق 0 تا 30 سانتی‌متری انجام شد. نمونه ها، هوا خشک و پس از عبور از الک 2 میلی‌متری به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های تحت مطالعه، از قبیل هدایت الکتریکی، pH در عصاره اشباع، درصد رس، سیلت، شن، مواد آلی (والکی - بلاک)، آهک (تیتراسیون اسید و باز) اندازه‌گیری شد (برت، 2004). همچنین، برای استخراج شکل قابل جذب عناصر از عصاره‌گیر DTPA (بندسی و نورول، 1978) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری غلظت کل عناصر سنگین در خاک، یک گرم خاک خشک را به نسبت 1:3 با اسیدکلریدریک 6 M و اسیدنیتریک غلیظ، مخلوط و پس از گذشت یک شبانه‌روز، در دمای 90°C، حرارت داده و با اسید نیتریک 2M، به حجم 50mL رسانده شد (چن و ما، 2001). در نهایت غلظت عناصر مس، روی، کادمیم و سرب در خاک و گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Avanta P از کمپانی GBC، ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید. اندازه‌گیری‌های مس،

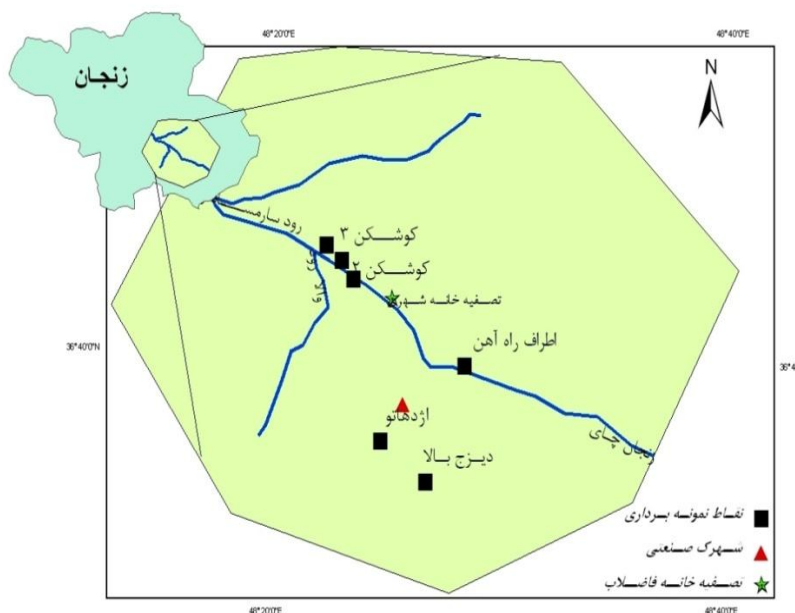
¹ Limit of Detection

² Relative standard deviation

³ National Theoretical Maximum Daily Intake

اعلام شده در استاندارد ملی ایران بالاتر باشد. در نهایت، با استفاده از نرم افزار SPSS، همبستگی بین غلظت عناصر در خاک و گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم به ذکر است که، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، با انجام آزمون توکی، میانگین غلظت عناصر سنگین (مس، روی، کادمیم و سرب) در انواع سبزیجات برگی و در مناطق مختلف نمونه برداری مقایسه شدند و تحت تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند.

ML₁: بیشینه رواداری فلز سنگین برای هر محصول (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه) و F₁: سرانه مصرف ملی آن محصول (کیلوگرم در روز) است. این پارامتر، تخمینی از مقدار مصرف قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) آلاینده مورد نظر (فلز سنگین) در مدت طولانی می‌باشد که از تقسیم NTMDI بر میانگین وزن بدن شخص بالغ، 60 کیلوگرم محاسبه می‌شود و به عنوان درصدی از مقدار قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) آلاینده مورد نظر (فلز سنگین) بیان شده که نباید از PTDI



شکل 1- نقشه مربوط به نقاط نمونه‌برداری از مزارع سبزی کاری در سطح استان زنجان

نتایج

حد مجاز غلظت عناصر مس، روی، کادمیم و سرب در استاندارد کیفیت منابع خاک ایران، به ترتیب برابر با 200، 500، 5 و 75 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خاک خشک گزارش شده است. بنابراین، از بین عناصر مورد مطالعه، تنها، غلظت کل سرب در منطقه سبزی کاری اطراف راه-آهن شهری و با میانگین 90 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک خشک، بالاتر از محدوده مجاز است. همچنین، بالاترین غلظت کل عناصر مس، روی و کادمیم در خاک‌های زراعی مجاور به مسیر خروجی فاضلاب شهری به دست آمد. بنابراین، نتایج گویای آن است که، غلظت کل عناصر سنگین در خاک‌های سایر مزارع سبزی کاری، کمتر از محدوده مجاز استاندارد ملی ایران (خاک‌های کشاورزی با پی‌هاش بالاتر از 7) بود.

در خاک‌های مزارع سبزی کاری تحت مطالعه (جدول 1)، دامنه تغییرات درصد کربنات کلسیم معادل بین 14/7 تا 29/9 می‌باشد. هدایت الکتریکی بین 1/72 تا 2/86 دسی‌زیمنس بر متر و درصد ماده آلی بین 0/76 تا 2/64 بود. غلظت عناصر عصاره‌گیری شده با دی‌تی‌پی‌ا برای مس بین 1/48 تا 4/24، عنصر روی بین 5/4 تا 28/2، کادمیم بین 0/08 تا 0/46 و غلظت قابل جذب سرب در محدوده بین 1/74 تا 10 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. همچنین، دامنه میانگین غلظت کل عناصر مس (134-22)، روی (262/5-69/5)، کادمیم (2-0/5) و سرب (90-10/5) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. در دفتر آب و خاک معاونت محیط زیست انسانی،

جدول 1- خصوصیات فیزیکی شیمیایی، غلظت کل و قابل جذب عناصر مس، روی، کادمیم و سرب در خاکهای مزارع

نوع خاک	مس				روی				کادمیم				غلظت کل (ppm)	غلظت قابل جذب (ppm)	%	ds/m	نوع خاک
	سرب	کادمیم	روی	مس	سرب	کادمیم	روی	مس	سرب	کادمیم	روی	مس					
ازدهاتو	21	1	95	26	2/32	0/3	11	1/58	24	35	41	0/76	29/9	7/67	2/09	ازدهاتو	
کوشکن 1	18	0/5	83	27/5	2/84	0/1	6/38	2/6	22	43	35	1/15	14/7	7/78	2/73	کوشکن 1	
کوشکن 2	17/5	1	98	29	2/74	0/12	6/4	2/78	26	37	37	2/47	18/6	7/53	2/54	کوشکن 2	
زنجان راه آهن	90	2	262/5	134	10	0/46	28/2	4/24	8	27	65	2/64	21/6	7/76	1/72	زنجان راه آهن	
دینج بالا	10/5	0/5	69/5	22	1/74	0/08	5/4	1/48	20	35	45	1/95	24/4	7/56	2/86	دینج بالا	
کوشکن 3	27/5	0/5	109	23/5	3/68	0/2	12/8	2/42	22	51	27	0/95	15	7/8	2/43	کوشکن 3	

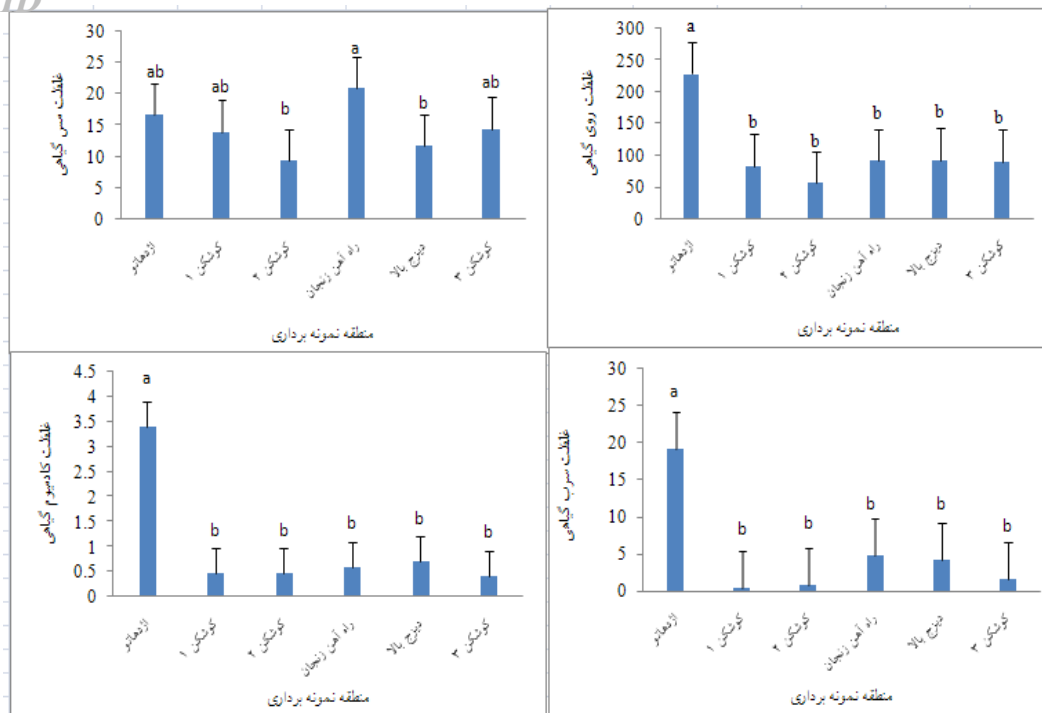
تحت کشت سبزیجات، گویای آن است که، بیشترین غلظت مس گیاه (20/99 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاهی) در مزرعه سبزی‌کاری اطراف راه آهن زنجان (تحت آبیاری با فاضلاب) بوده است.

همچنین، مقایسه میانگین بین غلظت عناصر سنگین (مس، روی، کادمیم و سرب) در انواع سبزیجات برگی به روش آزمون توکی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج گویای اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت عناصر سنگین مس ($p < 0/01$) و روی ($p < 0/05$) در انواع سبزیجات برگی مختلف بود. این در حالی است که هیچ‌گونه اختلاف آماری معنی‌داری بین سبزیجات مختلف از نظر مقدار تجمع عناصر سرب و کادمیم به دست نیامد (جدول 2). با توجه به شکل 3، بیشترین میانگین غلظت مس (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) در سبزی نعناع با میانگین 2/96 میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین غلظت مس در سبزی‌های شنبلیله و برگ چغندر (به ترتیب 1/25 و 0/82 میلی‌گرم در کیلوگرم) است. بنابراین ترتیب مقدار مس در سبزی‌های مورد مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

برگ چغندر > شنبلیله > تره > ریحان > جعفری > شوید > مرزه > نعناع

با انجام آزمون توکی و بررسی مقایسه میانگین بین غلظت عناصر سنگین در سبزیجات مناطق مختلف نمونه‌برداری، نتایج گویای، تفاوت معنی‌داری بین غلظت مس، روی، سرب و کادمیم گیاهی در مناطق مختلف نمونه‌برداری بود (جدول 2). بنابراین با توجه به نتایج تجزیه واریانس، میانگین غلظت مس سبزیجات برگی در مناطق مختلف نمونه‌برداری، در سطح 1 درصد اختلاف آماری معنی‌داری نشان دادند. این در حالی است که، مقایسه میانگین بین غلظت عناصر روی، کادمیم و سرب گیاهی در مناطق مختلف نمونه‌برداری در سطح 0/1 درصد معنی‌دار بود. طبق نتایج مندرج در شکل 2، در منطقه ازدهاتو، میانگین غلظت عناصر روی، کادمیم و سرب گیاهی به ترتیب برابر با 3/39، 228/4 و 19/27 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاهی بوده که سبزیجات این منطقه مطالعاتی، بالاترین مقدار آلودگی به عناصر سنگین روی، کادمیم و سرب را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که بین غلظت عناصر روی، سرب و کادمیم سبزیجات در سایر نقاط نمونه‌برداری اختلاف آماری معنی‌داری به دست نیامد (شکل 2).

با توجه به شکل 2، نتایج حاصل از مقایسه میانگین بین غلظت عنصر مس گیاهی در مناطق مختلف



* میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک می‌باشند، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 5 درصد نشان ندادند.

شکل 2- غلظت عناصر سنگین سبزی‌جات (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی) در مناطق مختلف نمونه برداری

سبزی مرزه و شنبلیله به ترتیب با میانگین 0/263 و 0/048 میلی‌گرم در کیلوگرم، بیشترین و کمترین مقدار کادمیم را داشتند. میانگین غلظت کادمیم در سبزی-های نعناع (0/22)، مرزه (0/26) و جعفری (0/15) میلی-گرم در کیلوگرم وزن تر سبزی بود که بالاتر از حد استاندارد ملی ایران (0/1 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) گزارش شد و میانگین غلظت کادمیم در سبزی‌های برگ-چغندر و شوید برابر با حد استاندارد ملی ایران و 0/1 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر سبزی به دست آمد. این در حالی است که میانگین غلظت کادمیم در سبزی ریحان برابر با 0/08 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر سبزی و کمتر از حد استاندارد ملی ایران محاسبه شد.

بیشترین غلظت سرب در سبزی نعناع (1/22 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر سبزی) و کمترین غلظت سرب در برگ چغندر (0/34 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر سبزی) به دست آمد. میانگین غلظت سرب در سایر سبزی‌جات از جمله، ریحان (0/79)، شوید (0/52)، مرزه (0/94)، تره (0/46)، شنبلیله (0/59) و جعفری (0/42) میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر سبزی گزارش شد. بنابراین، میانگین غلظت سرب در کلیه سبزی‌جات تحت مطالعه، بالاتر از استاندارد ملی ایران (0/2 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) محاسبه گردید. به طور کلی، از بین عناصر مذکور،

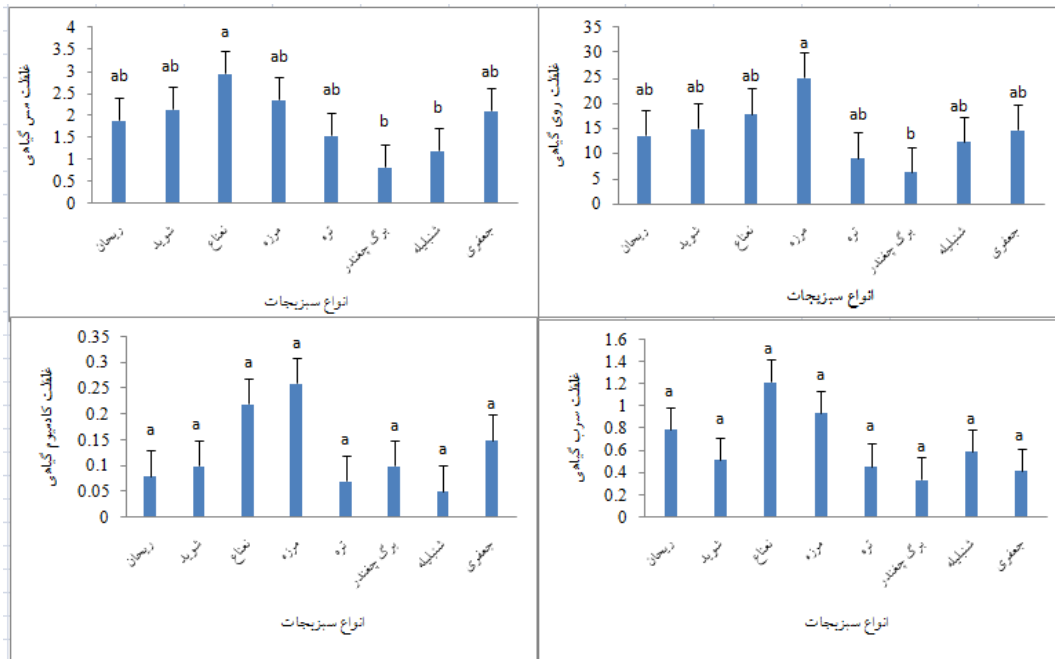
غلظت مس در کلیه سبزی‌های مورد بررسی، کمتر از حد استاندارد ملی ایران (5 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه) می‌باشد. لازم به ذکر است که طبق گزارشات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، برای دو عنصر مس و روی به تفکیک انواع سبزی، محدوده‌ای را مشخص نمود و فقط به طور کلی، حد استاندارد 5 میلی-گرم در کیلوگرم وزن تر گیاهی را برای عناصر مس و روی، به عنوان حداکثر غلظت مجاز برای کلیه سبزی‌جات گزارش نموده‌اند.

همانطور که در شکل 3 مشاهده می‌شود، بیشترین غلظت روی در سبزی مرزه (24/96 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) و کمترین غلظت روی در سبزی برگ چغندر (6/27 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر) به دست آمد و نتایج آماری حاکی از اختلاف آماری معنی‌داری بین آنها می‌باشد (جدول 2). ترتیب مقدار روی در سبزی‌های مورد مطالعه به صورت زیر می‌باشد:

برگ چغندر > تره > شنبلیله > ریحان > جعفری > شوید > نعناع > مرزه همانطور که قبلاً اشاره شد (جدول 2)، اختلاف آماری معنی‌داری بین غلظت کادمیم و سرب در انواع سبزی‌جات مورد مطالعه به دست نیامد. بنابراین سبزیجات مختلف، از نظر مقدار تجمع سرب و کادمیم تفاوت معنی-داری نشان ندادند (شکل 3).

بنابراین روند تغییرات غلظت عناصر سنگین در سبزی‌جات برگ‌ی تحت مطالعه، به ترتیب زیر می‌باشد:
کادمیم (0/13 mg/kg) > سرب (0/66 mg/kg) > مس (1/88 mg/kg) > روی (14/21 mg/kg)

غلظت روی با میانگین 14/21 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن-ترکیه، بالاترین و کادمیم با میانگین 0/13 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه، پایین‌ترین غلظت عناصر سنگین را در سبزی‌های مورد مطالعه نشان داده است.



شکل 3- غلظت عناصر سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گیاه) در انواع سبزی‌جات برگ‌ی

جدول 2- تجزیه واریانس یک طرفه بین غلظت مس، روی، کادمیم و سرب گیاهی در مناطق و انواع مختلف سبزیجات

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
سرب	کادمیم	روی	مس		
386/729***	9/787***	29822/474***	125/756**	5	منطقه
11/602	0/568	1793/221	36/185	42	خطا
				47	کل
0/543ns	0/035ns	191/303*	2/746**	7	سبزی‌جات
0/967	0/031	99/246	0/797	40	خطا
				47	کل

ns, ***, ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 0/1، 1 و 5 درصد است.

با بررسی پارامتر فاکتور انتقال در مناطق مختلف نمونه‌برداری، نشان داده‌شده، منطقه اژدهاتو نسبت به مزرعه سبزی‌کاری اطراف راه آهن شهری، علاوه بر غلظت کمتر عناصر سنگین در خاک این منطقه، به دلیل افزایش غلظت فلزات سنگین در سبزی‌جات تحت مطالعه، بالاترین فاکتور انتقال عناصر سنگین مورد بررسی را به خود اختصاص داده است (جدول 3). همچنین، میانگین مقدار فاکتور انتقال عناصر سنگین

در این تحقیق، تفاوت آماری معنی‌داری بین مقدار فاکتور انتقال عناصر سنگین در انواع مختلف سبزی‌جات برگ‌ی به دست نیامد. بنابراین، نتایج آن در جدول 4 آورده نشده است. ولیکن، با انجام تجزیه واریانس یک طرفه، اختلاف آماری معنی‌داری بین فاکتور انتقال عناصر مس، روی، کادمیم و سرب در مناطق مختلف نمونه‌برداری (مزارع سبزی‌کاری) به دست آمد (جدول 4).

مس، روی، کادمیم و سرب به ترتیب برابر با 0/43، فاکتور انتقال را نشان داده است. 1/09، 1/19 و 0/24 گزارش شد و کادمیم، بالاترین

جدول 3- فاکتور انتقال عناصر سنگین (از خاک به گیاه) بر پایه وزن خشک گیاهی در مناطق مختلف نمونه برداری

منطقه نمونه برداری						عناصر سنگین
ازدهاتو	کوشکن 1	کوشکن 2	کوشکن 3	دیزج بالا	راه آهن زنجان	
0/89 ^A	0/02 ^C	0/05 ^C	0/05 ^C	0/4 ^B	0/05 ^C	سرب
3/22 ^A	0/92 ^B	0/46 ^B	0/79 ^B	1/45 ^B	0/3 ^B	کادمیم
2/41 ^A	1/04 ^{BC}	0/57 ^C	0/82 ^{BC}	1/33 ^B	0/35 ^D	روی
0/62 ^A	0/51 ^{AB}	0/33 ^{CD}	0/43 ^{BC}	0/53 ^{AB}	0/16 ^D	مس

* میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشترک می‌باشند، اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 5 درصد نشان ندادند.

جدول 4- تجزیه واریانس فاکتور انتقال مس، روی، کادمیم و سرب در مناطق تحت مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی				میانگین مربعات
	مس	روی	کادمیم	سرب	
منطقه	5	0/222 ^{***}	4/303 ^{***}	9/226 ^{***}	0/973 ^{***}
خطا	42	0/014	0/183	0/912	0/027
کل	47				

*** معنی دار در سطح احتمال 0/1 درصد است.

مقدار دریافت قابل تحمل روزانه عناصر سرب و کادمیم، کمتر از حد استاندارد ملی ایران به دست آمده است. مقدار دریافت قابل تحمل روزانه مس و روی در استاندارد ملی ایران گزارش نشده است، لذا به منظور مقایسه، از استاندارد کدکس غذایی استفاده گردید و مقدار دریافت قابل تحمل روزانه مس (0/5) و روی (1-0/3) میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن است و با توجه به احتساب وزن متوسط 60 کیلوگرم برای انسان مقدار دریافت قابل تحمل روزانه به ازای هر کیلو وزن بدن برای دو عنصر مس و روی، کمتر از حد مجاز استاندارد کدکس غذایی می‌باشد. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد که هیچ گونه سمیتی از بابت مصرف روزانه 0/058 کیلوگرم سبزی تازه (استاندارد ملی ایران) برای عناصر سنگین مس، روی، کادمیم و سرب وجود نخواهد داشت.

در روش استاندارد ملی ایران، مرجع اصلی برای بیشینه رواداری فلزات سنگین، استاندارد کدکس غذایی و در موارد خاص، استاندارد اتحادیه اروپا است. همچنین مرجع اصلی برای سبب غذایی ملی هر ماده غذایی، از اطلاعات انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای ایران بوده است که پس از تعیین و محاسبات دقیق در این استاندارد ملی منظور شده است. بنابراین طبق استاندارد ملی ایران، مقدار مصرف سبزیجات برگی در سبب غذایی خانوار ایرانی 0/058 کیلوگرم در روز می‌باشد. بر اساس نتایج منتشر شده از موسسه استاندارد ملی ایران، در دو عنصر سرب و کادمیم، مقدار دریافت قابل تحمل روزانه موقتی، به طور متوسط در انسان بالغ 60 کیلوگرمی، به ترتیب 0/0036 و 0/001 میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن به ازای مصرف روزانه سبزی، گزارش شده است که طبق نتایج جدول 5.

جدول 5- میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی (PTDI) عناصر سنگین (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن بدن)

نوع سبزی	سرب	کادمیم	روی	مس
ریحان	0/00077	$8/17 \times 10^{-5}$	0/013	0/0018
شوید	0/00051	$9/19 \times 10^{-5}$	0/014	0/0021
نعناع	0/00118	$2/09 \times 10^{-4}$	0/017	0/0029
مرزه	0/00091	$2/56 \times 10^{-4}$	0/024	0/0023
تره	0/00045	$6/33 \times 10^{-5}$	0/009	0/0015
برگ چغندر	0/00033	$9/39 \times 10^{-5}$	0/006	0/0008
شنبلیله	0/000057	$4/68 \times 10^{-5}$	0/012	0/0012
جعفری	0/00041	$1/49 \times 10^{-4}$	0/014	0/0020
حد مجاز	0/0036	0/001	0/3-1	0/5

حالی است که، از بین سبزی‌های مورد مطالعه، همبستگی مثبت معنی‌دار، بین غلظت مس خاک با سبزیجات نعناع ($0/933^{**}$) و ریحان ($0/803^*$) به‌دست آمد. این در حالی است که، غلظت مس خاک با غلظت مس در سبزی شنبلیله همبستگی منفی معنی‌دار نشان داده‌شد.

همچنین، به منظور بررسی رابطه بین غلظت عناصر در خاک و گیاه (جدول 6) و تعیین عامل اصلی آلودگی سبزیجات مذکور، همبستگی بین غلظت عناصر در خاک و گیاه محاسبه گردید. نتایج نشان داد که، بین غلظت کل عناصر سنگین (روی، کادمیم و سرب) در خاک و گیاه همبستگی معنی‌داری به‌دست نیامد. این در

جدول 6- ضریب همبستگی پیرسون بین غلظت عناصر در خاک و گیاه

نوع سبزی	مس	روی	کادمیم	سرب
ریحان	$0/803^*$	0/001	0/483	-0/08
شوید	0/173	-0/459	-0/494	-0/151
نعناع	$0/933^{**}$	0/135	0/02	0/184
مرزه	0/722	-0/005	0/328	0/133
تره	-0/77	0/143	0/126	0/001
برگ چغندر	-0/126	-0/339	-0/035	-0/057
شنبلیله	$-0/934^{**}$	-0/283	-0/093	-0/136

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح 1 و 5 درصد است

غلظت کل سرب در کلیه نمونه‌های خاک، بیشتر از کادمیم می‌باشد که مشابه با نتایج سایر محققان است (میونگ، 2008 و اوریساکوی و همکاران، 2012).

بحث

با توجه به دامنه غلظت عناصر سنگین در خاک‌های مزارع سبزی‌کاری، مشخص گردید که، گستره

سبزی های نعنای و مرزه قدرت بیشتری در جذب عناصر مس، روی، کادمیم و سرب داشتند. این در حالی است که، برگ چغندر در مقایسه با سایر سبزیجات برگی مورد مطالعه، کمترین غلظت عناصر مس، روی و سرب را نشان داده است. طبق تحقیقات انجام شده، غلظت فلزات سنگین در میان سبزیجات مورد آزمایش متفاوت می باشد که می تواند بازتابی از تفاوت در ظرفیت جذبشان و انتقال بیشتر عناصر سنگین به قسمت خوراکی گیاهان باشد. از این رو، یکی از دلایل جذب بالای فلزات سنگین در محصولات برگی نسبت به سایرین، به دلیل تفاوت های متابولیکی آنها می باشد. به طوریکه، حبوبات دارای تجمع کم، سبزیجات ریشه ای مقدار متوسط و سبزیجات برگی حداکثر مقدار فلزات سنگین را به خود اختصاص داده اند (الکساندر و همکاران، 2006). طبق نتایج این تحقیق، بالاترین و پایین ترین غلظت عناصر سنگین گیاهی به ترتیب مربوط به عناصر روی و کادمیم می باشد. که می توان آن را ناشی از غلظت کل فلزات سنگین در خاک و تحرک متفاوت آنها نسبت داد (سینگ و همکاران، 1988). فرگوسن (1991) نشان داد که غلظت سرب در بافت گیاهی خیلی ناچیز است که می توان آن را ناشی از تحرک ضعیف این عنصر دانست.

او غلظت سرب در گیاهان را در حدود 0/01 تا 3/85 میکروگرم در گرم ماده خشک گیاهی گزارش کرد. در مقایسه بین غلظت عناصر سنگین در خاک های آلوده، محققین گزارش کردند که، گیاه تمایل بیشتری برای جذب سرب در مقایسه با کادمیم و روی نشان داده است. از طرفی گیاه حداقل مقدار کادمیم (حدود 0/03 میکروگرم در گرم) را از خاک جذب نموده است. آنها تفاوت معنی داری بین خاک های آلوده و غیر آلوده در جذب کادمیم گزارش نکردند (اویدل و همکاران، 1995). همانطور که در نتایج نشان داده شد، فاکتور انتقال عناصر سنگین در بین انواع مختلف سبزیجات برگی و در مناطق مختلف نمونه برداری متفاوت می باشد که ناشی از تفاوت حلالیت این فلزات در خاک بوده، که با افزایش غلظت فلزات در سطح خاک، غلظت آنها در گیاه افزایش می یابد. بنابراین تفاوت فاکتور انتقال در سبزی های متفاوت، بیانگر تفاوت غلظت فلزات در خاک و تفاوت، در جذب عناصر سنگین به وسیله گیاهان می باشد (الووی و همکاران، 1988، کوی و همکاران، 2004 و زنگ و همکاران، 2007). همچنین، نتایج تحقیقات نشان داد که، از بین عناصر سنگین مورد مطالعه، کادمیم، حداکثر مقدار فاکتور انتقال را نشان داده است. به طوریکه، کادمیم متحرک تر از سایر عناصر و با قدرت کمتری در خاک نگه داشته

از بین مناطق نمونه برداری، حداکثر غلظت کل عناصر سنگین سرب (90)، کادمیم (2)، مس (134) و روی (262/5) میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک در منطقه سبزی کاری واقع در جنوب شهر زنجان (راه آهن) به دست آمد، که می توان، آن را ناشی از مجاورت مزارع مذکور، با مسیر خروجی فاضلاب شهری و امکان استفاده از فاضلاب دانست. همانطور که نتایج نشان داد، در بررسی غلظت عناصر سنگین در سبزیجات تحت کشت در مناطق مختلف مطالعاتی، منطقه ازدهاتو، نزدیکترین فاصله را به شهرک تخصصی روی واقع در جاده بیجار (شکل 1) دارد. به طوریکه، علی رغم غلظت پایین تر از حد استاندارد عناصر سنگین در خاک این منطقه، غلظت بالایی از عناصر سرب، کادمیم و روی در بافت گیاهی سبزیجات منطقه ازدهاتو، گزارش شده است که ناشی از گرد و غبار و رسوبات جوی است. محققان، در مطالعه ای بر کیفیت هوای زنجان نشان دادند که، سرب و روی در ذرات راسب شونده، از یک منشاء مشترک در منطقه پراکنده شده اند و نتایج نشان دهنده تأثیر منابع اناساز (صنایع و کارگاه های سرب و روی) بر کیفیت هوا است و می توان از ذرات راسب شونده به عنوان شاخص آلودگی هوا به فلزات سنگین در استان زنجان استفاده نمود (مهراسبی و همکاران، 2010).

همچنین، اخیراً گزارش شده است که، رسوبات جوی، نقش بسزایی در آلودگی به فلزات سنگین در سبزیجات داشته اند (شارما و همکاران، 2008). چنانکه قبلاً اشاره شد، بالاترین غلظت مس گیاهی (20/99 میلی گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاهی) در سبزیجات برگی منطقه اطراف راه آهن به دست آمد که با توجه به غلظت بالای مس در خاک زراعی این منطقه، نتایج دور از انتظار نخواهد بود. نتایج تحقیقات پیشین حاکی از آن است که، غلظت فلزات سنگین در محلول خاک، نقش حیاتی در کنترل قابلیت استفاده فلز برای گیاهان به عهده دارد به طوریکه با افزایش سطح غلظت عناصر سنگین در خاک، منجر به افزایش غلظت و جذب عنصر در گیاه می شود (اوریساکوی و همکاران، 2012). طبق نتایج مندرج و مقایسه بین آنها مشخص گردید که، میانگین غلظت عناصر سنگین در انواع سبزیجات برگی، متفاوت می باشد. این یافته ها، مشابه با نتایج سایر محققان می باشد (الکساندر و همکاران، 2006). غلظت فلزات سنگین در گیاهان با توجه به نوع و رقم گیاه متفاوت است به طوریکه جذب این عناصر، بوسیله گیاهان تحت تأثیر نوع و مرحله رشدی گیاه، نوع خاک، نوع فلز و سایر فاکتورهای محیطی می باشد (کب و همکاران، 2000). در این تحقیق،

الگریا و همکاران، 1991). بنابراین، با توجه به همبستگی ضعیف بین غلظت عناصر در خاک و گیاه و غلظت پایین-تر از حد استاندارد عناصر سنگین در نمونه‌های خاک مزارع سبزی‌کاری واقع در مجاورت شهرک تخصصی روی و آلوده بودن سبزی‌جات تحت کشت در مناطق مذکور، می‌توان عامل و منشاء اصلی آلودگی در سبزی‌جات برگی استان زنجان را، گرد و غبار و هوای آلوده اطراف کارخانه‌جات صنعتی دانست. به‌طوریکه در طولانی مدت و با مصرف بالای سبزی‌جات آلوده، می‌تواند خطرات زیانباری بر سلامتی انسان و محیط زیست وارد سازد. لذا، لازم است که تمهیدات لازم در ارتباط با تغییر الگوی کشت در اطراف کارخانه‌جات فرآوری سرب و روی و یا نقل و انتقال کارخانه‌جات صنعتی به خارج از منطقه مسکونی و زراعی صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از ریاست محترم سازمان جهاد کشاورزی و معاونت محترم پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان جهت حمایت مالی این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

می‌شود (سینگ و همکاران، 2007). همچنین گزارش شده است که فاکتور ترابری عناصر سنگین با توجه به نوع عنصر سنگین، مقدارش متفاوت است به نحوی که محدوده تغییرات فاکتور ترابری برای سرب را در حدود 0/05 و برای کادمیم 0/8 و برای روی 0/29 اعلام کردند (اویدل و همکاران، 1995). در این تحقیق، بین غلظت عناصر سنگین (روی، کادمیم و سرب) در خاک و گیاه همبستگی معنی‌داری به‌دست نیامد و سایر محققان، بین غلظت فلزات سنگین در خاک و گیاهان کشت شده در آنها، همبستگی ضعیف یا عدم همبستگی را گزارش کردند (پریس و همکاران، 2007). به‌طوریکه، عدم تجمع فلزات سنگین در گیاهان کشت شده در خاک‌های آلوده (سپتر و همکاران، 2008) و یا تجمع عناصر سنگین در خاک‌های غیرآلوده گزارش شده است (مور و همکاران، 2009 و اوریساکوی و همکاران، 2012). بنابراین این قبیل نتایج ضد و نقیض در ارتباط با غلظت عناصر در خاک و گیاه، حاکی از آن است که راه‌های دیگری از جذب فلزات سنگین در گیاهان، به غیر از خاک، وجود دارد که در این باره، می‌توان به رسوبات جوی و ذرات گرد و غبار علی-الخصوص در اطراف کارخانه‌ها و بزرگراه‌ها اشاره کرد

فهرست منابع:

1. Alegría, A., Barberá, R., Boluda, R., Errecalde, F., Farré, R., and Lagarda, M.J. 1991. Environmental cadmium, lead and nickel contamination: possible relationship between soil and vegetable content. *Journal of Analytical Chemistry*. 339: 654-57.
2. Alexander, P.D., Alloway, B.J., and Dourado, A.M. 2006. Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables. *Environmental Pollution*. 144: 736-45.
3. Allen, S.E., Grimshaw, H.M., and Rowland, A.P. 1986. *Chemical analysis*. In: Moore PD, Chapman SB, editors, *Methods in Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publication, London.
4. Alloway, B.J., Thornton, I., Smart, G.A., Sherlock, J.C., and Quin, M.J. 1988. Metal availability. *Science of the Total Environment*. 91: 223-36.
5. Assistance of the human environment. Office of water and soil. Standards for quality of soil resources and its guides. In: editor. ^editors. ed. Iran: Assistance of the human environment. Office of water and soil; 2014. p. 1-166.
6. Burt, R. 2004. *Soil survey laboratory methods manual, soil survey investigations, report No. 42, Version 4.0, USDA, Natural Resources Conservation Service, Lincoln, NE, USA*.
7. Chen, M., and Ma, L.Q. 2001. Comparison of Three Aqua Regia Digestion Methods for Twenty Florida Soils. *Soil Science Society of America Journal*. 65: 491-9.
8. Cobb, G.P., Sands, K., Waters, M., Wixson, B.G., and Dorward-King, E. 2000. Accumulation of heavy metals by vegetables grown in mine wastes. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 19: 600-7.
9. Commission Regulation (EC) No 1881. 2006. Setting maximum levels for criteria contaminations in foodstuffs.

10. Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., Huang, Y.Z. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International*. 30: 785-91.
11. Dastane, N.G. 1987. Use of brackish waters in horticulture. *Water Quality Bulletin*. 12(2):64-71.
12. Fergusson, J.E. 1991. *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impacts and Health Effects*. Pergamon Press: Oxford.
13. Food Chemical Codex (FCC). 2001. Codex Alimentarius Commission (FAO/WHO). *Food additives and contaminants*. Geneva: Joint FAO/WHO Food Standards Program.
14. Golchin, A., Esmaili, M., and Tookasi, M. 2005. Sources of soil contaminants and heavy metals in crops and garden Zanjan Province. *Publication Management and Planning Organization of Zanjan*, 1-120.
15. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Food and feed-maximum limit of heavy metals. Standard No. 12968. 2010. Tehran: Institute of Standards and Industrial Research of Iran.
16. Lindsay, W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of American Journal*. 42: 421-428.
17. Mehrasbi, M., Sekhawatju, M., Hasanalizadeh, A.S., and Ramezanzadeh, Z. 2010. Study of heavy metals in the atmospheric deposition in Zanjan, Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2(4):240-49.
18. Murray, H., Thompson, K., and Macfie, S.M. 2009. Site-and species-specific patterns of metal bioavailability in edible plants. *Botany*. 87: 702-11.
19. Myung, C.J. 2008. Heavy metal concentrations in soils and factors affecting metal uptake by plants in the Vicinity of Korean Cu-W Mine. *Sensors*. 8(4): 2413-23.
20. Orisakwe, O.E., Nduka, J.K., Amadi, C.N., Dike, D., and Obialor, O.O. 2012. Evaluation of potential dietary toxicity of heavy metals of vegetables. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology*. 2(3).
21. Oyedele, D.J., Obioh, I.B., Adejumo, J.A., Oiuwole, A.F., Aina, P.O., and Aubiojo O.I. 1995. Lead contamination of soils and Vegetation in the Vicinity of a lead smelter in Nigeria. *Science of The Total Environment*. 17(32): 189-195.
22. Peris, M., Micó, C., Recatalá, L., Sánchez, R., and Sánchez, J. 2007. Heavy metal contents in horticultural crops of a representative area of the European Mediterranean region. *Science of The Total Environment*. 378(1-2): 42-48.
23. Romheld, V., and Marschner, H. 1991. Function of micronutrients in plants. In: Mortvedt JJ, editors. *Micronutrients in Agricultural Soil Science of America*. Inc., Madison. WI.
24. Salama, A.K., and Radwan, R.M. 2005. Heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) contents in some foodstuffs from the Egyptian market. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 17(1): 34-42.
25. Sharma, R.K., Agrawal, M., and Marshall, F.M. 2008. Heavy metals (Cu, Cd, Zn and Pb) contamination of vegetables in Urban India: a case Study in Varanasi. *Environmental pollution*. 154: 254-63.
26. Singh, J.P., Karwasra, S.P.S., and Singh, M. 1988. Distribution and forms of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils of India. *Soil Science*. 146:359-66.
27. Sing, A., Sharma, R.K., Agrawal, M., and Marshall, F.M., 2010. Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*. 51(2S): 375-387.
28. Sipter, E., Rozsa, E., Gruiz, K., Tatrai, E., and Morvai, V. 2008. Site-specific risk assessment in contaminated vegetable gardens. *Chemosphere*. 71: 1301-7.
29. Zheng, N., Wang, Q., and Zheng, D. 2007. Health risk of Hg, Pb, Cd, Zn and Cu to the inhabitants around Huludao zinc plant in China via consumption of vegetables. *Science of the total environment*. 383: 81-9.